

**Instalações hidráulicas prediais de um edifício de habitação unifamiliar: Estudo comparativo entre o regulamento português, as normas europeias e as normas brasileiras**

**Luiz Gustavo Zvolinski Lemos**

**Relatório Final de Projeto** apresentado à  
**Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança** para  
obtenção do **Grau de Mestre em Engenharia da Construção**  
no âmbito da **Dupla Diplomação** com a  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Guarapuava**

**Orientadoras**

Doutora Flora Cristina Meireles Silva

Doutora Joice Cristini Kuritza

**Bragança, dezembro de 2021**

# Agradecimentos

Este trabalho representa a conclusão não só de um curso, mas de todo um ciclo que se iniciou quando ingressei no ensino superior em 2016, então de certa forma todos os que estiveram ao meu lado ao longo desses anos têm a sua parcela de contribuição.

Inicialmente gostaria de agradecer à minha instituição de origem, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Guarapuava, pelos anos de graduação e oportunidade de concluir meu curso em Portugal no acordo de Dupla Diplomação. Também ao Instituto Politécnico de Bragança, em especial a Escola Superior de Tecnologia e Gestão que me recebeu mesmo em meio à pandemia e me proporcionou vislumbrar novos horizontes.

Agradeço a todos os professores que contribuíram para a minha formação, tanto na UTFPR como no IPB. Um agradecimento especial à minha orientadora, a Professora Flora Silva, que propôs esse tema e me auxiliou em todo o percurso deste trabalho de forma a integrar os meus conhecimentos prévios com a forma como as coisas são feitas aqui na Europa. Também à minha orientadora do Brasil, a Professora Joice Cristini Kuritza, por todo o suporte antes e durante meu período em Portugal.

Agradeço ao gabinete de arquitetura *Dolmu – Arquitetura | Engenharia*, na pessoa do arquiteto Paulo Moreira, por disponibilizar o projeto arquitetônico e as plantas de redes prediais de água da residência unifamiliar, que configura o caso de estudo deste trabalho.

Aos meus pais, Luizão e Maura, que desde a minha infância me mostraram não só com palavras, mas com exemplos, a importância da educação, do estudo e da dedicação. Por sempre acreditarem em mim e não medirem esforços para me ajudar a realizar os meus sonhos, me incentivando a ir mais longe, mesmo que isso significasse uma saudade enorme depois de mais de um ano sem nos vermos. Espero um dia poder retribuir um pouco de tudo o que fizeram por mim.

À minha irmã Milena, o melhor exemplo de irmã mais velha que eu poderia ter. Aos meus afilhados Leonardo e Lavinia, que me inspiram a ser cada dia melhor para tentar dar o exemplo.

Para os amigos que fiz na faculdade, em especial Allan e Giovanna, pela parceria nos incontáveis projetos durante o curso. Também para os amigos que vieram comigo ou me receberam aqui em Portugal, por tornarem um pouco mais fácil estar longe de casa e suportar os meses de confinamento na quarentena.

# Resumo

O correto dimensionamento das redes hidrossanitárias prediais não é somente indispensável para o conforto e qualidade de vida nas edificações, mas também para garantir saúde do usuário e da estrutura do edifício. Não existe, no entanto, consenso sobre os métodos de dimensionamento, que diferem em cada país ou região.

Esta dissertação pretende comparar e discutir os métodos de dimensionamento para redes prediais de abastecimento de água e drenagem de águas residuais e pluviais propostos pelo Regulamento Português, pelas Normas Europeias e pelas Normas Brasileiras, com objetivo de avaliar incongruências e especificidades de cada uma.

Ainda que Portugal faça parte do Comitê Europeu de Normalização, as Normas Europeias ainda não são muito aplicadas no país, devido à existência do Regulamento Português em vigor, o qual apresenta grandes diferenças. Já em relação ao Brasil, é interessante avaliar e comparar as normas, se considerado o elevado intercâmbio de profissionais entre os países.

Em primeiro momento, o trabalho propõe uma resenha histórica sobre a história das instalações prediais e do avanço das regulamentações que tratam delas. Posteriormente é realizada uma revisão criteriosa das normativas correntes em Portugal, na Europa e no Brasil.

Os métodos das normas são então aplicados no dimensionamento dos sistemas hidrossanitários de uma residência unifamiliar de três pavimentos. Com os resultados obtidos são realizadas comparações entre os métodos, avaliando a praticidade de aplicação e os níveis de conforto considerados.

Percebe-se que as Normas Europeias apresentam tendência de simplificação nos métodos de dimensionamento e também são menos exigentes em questão de dimensões das tubagens. O Regulamento Português é mais conservador nos caudais considerados e dimensões mínimas. Já as Normas Brasileiras são mais criteriosas para dimensionamento das redes prediais de abastecimento de água, mas em geral resultam em diâmetros nominais parecidos e intermediários entre os resultados das demais normas.

**Palavras-chave:** Redes prediais de água; Dimensionamento; Regulamento português; Normas europeias; Normas brasileiras.

# Abstract

The correct dimensioning of the hydro-sanitary installations inside buildings is not only indispensable for comfort and life quality, but also to ensure health to both the user and the building's structure. However, there is no consensus about the pipe sizing methods, that differs according to the country or region.

This master Thesis intends to compare and discuss the pipe sizing methods for building systems of water supply, and drainage of wastewater and rainwater proposed by the Portuguese Regulation, the European Standards and Brazilian Standards, with purpose of evaluating mismatches and specifications of each one.

Even though Portugal is part of the European Committee for Standardization, the European Standards are not very applied in the country yet, because of the existence of the Portuguese Regulation in force, which presents many differences. Regarding Brazil, it is interesting to compare the standards if considered the high exchange of professionals between the countries.

In a first moment, this work proposes a historic review on the history of the building water systems and the advance of the regulations about them. Afterwards it is done an insightful review on the current standards in Portugal, Europe, and Brazil.

The methods of the standards are applied in the pipe sizing of the systems of a three-pavement single family residence. With the results of the calculations are performed comparisons, evaluating the convenience of application and the levels of comfort considered.

It is perceived that the European Standards tend to simplify the sizing methods and are also less demanding about the pipe sizes. The Portuguese Regulation is more conservative about the flow rates considered and the minimal pipe sizes. The Brazilian Standards are more specific in the water supply sizing but tend to result in similar and intermediate nominal diameters between the other regulations.

**Keywords:** Building water systems; Pipe sizing; Portuguese Regulation; European Standards; Brazilian Standards.

# Índice

Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iii
Abstract .....	iv
Índice.....	v
Lista de Figuras.....	viii
Lista de Tabelas.....	xi
Lista de Abreviaturas .....	xv
Lista de Símbolos.....	xvii
Lista de Termos Português PT – Português BR.....	xx
<b>Capítulo 1.....</b>	<b>1</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1. Motivação.....	1
1.2. Objetivos .....	3
1.3. Descrição do plano de trabalho.....	4
1.4. Organização do relatório.....	5
<b>Capítulo 2.....</b>	<b>6</b>
<b>Estado da arte.....</b>	<b>6</b>
2.1. Resenha Histórica das Instalações Prediais.....	6
2.1.1 Evolução dos Materiais nas Instalações Hidrossanitárias.....	9
2.2 Sistemas Prediais de Distribuição de Água.....	16
2.2.1 Tipos de abastecimento.....	16
2.2.2 Instalações de água quente.....	20
2.3 Sistemas Prediais de Drenagem de Águas Residuais.....	22
2.4 Sistemas Prediais de Drenagem de Águas Pluviais .....	25

<b>Capítulo 3</b> .....	27
<b>Regulamentações para dimensionamento</b> .....	27
3.1 Regulamentação Portuguesa .....	27
3.1.1 Título III – Sistemas de distribuição predial de água.....	28
3.1.2 Título V – Sistemas de drenagem predial de águas residuais domésticas .....	34
3.1.3 Título V – Sistemas de drenagem predial de águas residuais pluviais .	42
3.2 Regulamentação Europeia.....	46
3.2.1 EN 806-3:2006 – Especificações técnicas relativas às instalações de água para consumo humano no interior de edifícios .....	46
3.2.2 EN 12056:2000 – Sistemas de drenagens de águas residuais no interior de edifícios, Parte 2: Tubulação sanitária, traçado e cálculo .....	51
3.2.3 EN 12056:2000 – Sistemas de drenagens de águas residuais no interior de edifícios, Parte 3: Drenagem de telhados, traçado e cálculo .....	60
3.3 Regulamentação brasileira .....	68
3.3.1 ABNT NBR 5626:2020 – Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção.....	68
3.3.2 ABNT NBR 8160:1999 – Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução .....	72
3.3.3 ABNT NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais .....	79
<b>Capítulo 4</b> .....	85
<b>Materiais e métodos</b> .....	85
4.1. Descrição do edifício.....	85
4.2. Caracterização dos sistemas.....	86
4.2.1 Sistema Predial de Abastecimento de Água .....	88
4.2.2. Sistema Predial de Drenagem de Águas Residuais.....	91
4.2.3 Sistema de Drenagem de Águas Pluviais.....	94

<b>Capítulo 5</b> .....	97
<b>Resultados e discussão</b> .....	97
5.1. Sistema predial de abastecimento de água.....	97
5.2. Sistema predial de drenagem de águas residuais .....	103
5.2.1 Regulamento Português .....	103
5.2.2 Norma Europeia .....	105
5.2.3 Norma Brasileira.....	106
5.2.4 Comparações entre os dimensionamentos .....	108
5.3. Sistema predial de drenagem de águas pluviais.....	113
5.3.1 Regulamento Português .....	113
5.2.2 Norma Europeia .....	114
5.2.3 Norma Brasileira.....	115
5.2.4 Comparações entre os dimensionamentos .....	117
<b>Capítulo 6</b> .....	121
<b>Conclusões e Proposta para Trabalhos Futuros</b> .....	121
6.1. Conclusões .....	121
6.2. Proposta para Trabalhos Futuros.....	125
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	126
<b>Anexos</b> .....	130
Anexo A – Plantas arquitetônicas e alçadas da residência em estudo .....	131
Anexo B – Plantas hidrossanitárias da residência em estudo .....	141
Anexo C – Vistas 3D do projeto .....	180
Anexo D – Dimensionamento detalhado da rede de abastecimento de água.....	188
Anexo E – Dimensionamento detalhado das bombas de recalque de águas residuais e pluviais .....	201
Anexo F – Catálogos do fabricante das bombas (Grundfos) .....	206
Anexo G – Especificações técnicas dos aparelhos sanitários empregados para NBR 5626.....	219

# Lista de Figuras

Figura 1. Tubagem PVC tipo soldável .....	12
Figura 2. Tubagem PVC tipo roscável .....	12
Figura 3. Tubagem em Policloreto de Vinilo Clorado (PVC-C).....	13
Figura 4. Tubagens em PVC conforme NP EN 1329:1.....	13
Figura 5. Tubagem em Polipropileno Copolímero Random (PPR) .....	14
Figura 6. Tubagem em Polietileno Reticulado (PEX).....	15
Figura 7. Sistema de distribuição direta .....	17
Figura 8. Sistema de distribuição indireta .....	17
Figura 9. Sistema de distribuição indireta com reservatório superior e conjunto elevatório .....	18
Figura 10. Sistema de distribuição indireta hidropneumático .....	19
Figura 11. Sistema de distribuição mista.....	19
Figura 12. Partes constituintes de uma instalação predial de águas residuais com ventilação secundária.....	23
Figura 13. Esquema do sistema predial de drenagem de águas pluviais.....	26
Figura 14. Caudais de cálculo ( $Qa$ ) em função dos caudais acumulados ( $Qacum$ ) para um nível médio de conforto de acordo com o Decreto Regulamentar n.º 23/95.....	30
Figura 15. Caudais de cálculo ( $Qr$ ) de águas residuais domésticas em função dos caudais acumulados ( $Qacum$ ) de acordo com o Decreto Regulamentar n.º 23/95 .....	36
Figura 16. Distâncias máximas ( $d$ ) entre os sifões e as seções ventiladas para escoamento seção cheia de acordo com a inclinação ( $i$ ) da tubagem.....	37
Figura 17. Regiões pluviométricas de Portugal.....	43
Figura 18. Ábaco para determinação do caudal de cálculo ( $Qc$ ), em (L/s) segundo a EN 806-3.....	49
Figura 19. Fator de profundidade ( $Fd$ ) .....	63
Figura 20. Fator de forma ( $Fs$ ).....	64
Figura 21. Saídas de caleiras de fundo não plano .....	66
Figura 22. Indicações para cálculo das áreas de contribuição.....	81
Figura 23. Ábaco para dimensionamento de condutores verticais para caleiras com saída em aresta viva .....	83
Figura 24. Ábaco para dimensionamento de condutores verticais para caleiras com funil de saída .....	84

Figura 25. Vista em corte longitudinal do terreno.....	85
Figura 26. Vista 3D do BWC 1 .....	87
Figura 27. Áreas a drenar - Cobertura principal.....	95
Figura 28. Áreas a drenar - Cobertura anexo.....	95
Figura 29. Rede de abastecimento de água fria e quente no BWC 1 conforme RGSPDADAR.....	97
Figura 30. Rede de drenagem de águas residuais BWC 1 pelo RGSPDADAR. ....	103
Figura A.1. Planta de arquitetura - Piso 0 .....	132
Figura A.2. Planta de arquitetura - Piso 1.....	133
Figura A.3. Planta de arquitetura - Piso -1 .....	134
Figura A.4. Planta de arquitetura - Cobertura .....	135
Figura A.5. Vista frontal da residência.....	136
Figura A.6. Vista posterior da residência .....	137
Figura A.7. Vista lateral da residência .....	138
Figura A.8. Corte longitudinal.....	139
Figura A.9. Corte transversal.....	140
Figura B.1. Rede de abastecimento pelo RGSPDADAR - Piso 0 .....	142
Figura B.2 Rede de abastecimento de água pelo PGSPDADAR - Piso 1.....	143
Figura B.3. Rede de abastecimento de água pelo RGSPDADAR - Piso -1 .....	144
Figura B.4. Rede de abastecimento de água pela EN 806-3 - Piso 0 .....	145
Figura B.5. Rede de abastecimento de água pela EN 806-3 - Piso 1 .....	146
Figura B.6. Rede de abastecimento de água pela EN 806-3 - Piso -1 .....	147
Figura B.7. Rede de abastecimento de água pela NBR 5626 - Piso 0.....	148
Figura B.8. Rede de abastecimento de água pela NBR 5626 - Piso 1.....	149
Figura B.9. Rede de abastecimento de água pela NBR 5626 - Piso -1 .....	150
Figura B. 10. Rede de abastecimento de água – Cobertura.....	151
Figura B.11. Legenda redes de abastecimento de água.....	152
Figura B.12. Rede de drenagem de águas residuais pelo RGSPDADAR - Piso 0.....	153
Figura B.13. Rede de drenagem de águas residuais pelo RGSPDADAR - Piso -1 ...	154
Figura B.14. Rede de drenagem de águas residuais pelo RGSPDADAR - Piso 1.....	155
Figura B.15. Rede de drenagem de águas residuais pelo RGSPDADAR -Cobertura	156
Figura B.16. Rede de drenagem de águas residuais pela EN 12056-2 - Piso 0.....	157

Figura B.17. Rede de drenagem de águas residuais pela EN 12056-2 - Piso 1.....	158
Figura B.18. Rede de drenagem de águas residuais pela EN 12056-2 - Piso -1 .....	159
Figura B.19. Rede de drenagem de águas residuais pela EN 12056-2 - Cobertura.....	160
Figura B.20. Rede de drenagem de águas residuais pela NBR 8160 - Piso 0 .....	161
Figura B.21. Rede de drenagem de águas residuais pela NBR 8160 - Piso 1 .....	162
Figura B.22. Rede de drenagem de águas residuais pela NBR 8160 - Piso -1 .....	163
Figura B.23. Rede de drenagem de águas residuais pelo NBR 8160 - Cobertura.....	164
Figura B.24. Legenda redes de drenagem de águas residuais .....	166
Figura B.25. Rede de drenagem de águas pluviais pelo RGSPDADAR - Cobertura	167
Figura B.26. Rede de drenagem de águas pluviais pelo RGSPDADAR - Piso 1 .....	168
Figura B.27. Rede de drenagem de águas pluviais pelo RGSPDADAR - Piso 0 .....	169
Figura B.28. Rede de drenagem de águas pluviais pelo RGSPDADAR - Piso -1 .....	170
Figura B.29. Rede de drenagem de águas pluviais pela EN 12056-3 - Cobertura .....	171
Figura B.30. Rede de drenagem de águas pluviais pela EN 12056-3 - Piso 1 .....	172
Figura B.31. Rede de drenagem de águas pluviais pela EN 12056-3 - Piso 0 .....	173
Figura B.32. Rede de drenagem de águas pluviais pela EN 12056-3 - Piso -1 .....	174
Figura B.33. Rede de drenagem de águas pluviais pela NBR 10844 - Cobertura.....	175
Figura B.34. Rede de drenagem águas pluviais pela NBR 10844 - Piso 1 .....	176
Figura B.35. Rede de drenagem de águas pluviais pela NBR 10844 - Piso 0.....	177
Figura B.36. Rede de drenagem de águas pluviais pela NBR 10844 - Piso -1 .....	178
Figura B.37. Legenda redes de drenagem de águas pluviais.....	179
Figura C.1. Vista 3D do BWC 2 .....	181
Figura C.2. Vista 3D do BWC 3.....	182
Figura C.3. Vista 3D do BWC 4.....	183
Figura C.4. Vista 3D da Cozinha.....	184
Figura C.5. Vista 3D do Lavabo.....	185
Figura C.6. Vista 3D da Lavanderia/Casa de Máquinas .....	186
Figura C.7. Vista 3D sistema de aquecimento de água .....	187
Figura F.1. Especificações técnicas chuveiro DOCOLHEAVEN Q200 .....	220

# Lista de Tabelas

Tabela 1. Fases e períodos do desenvolvimento do trabalho e respectivas descrições ....	4
Tabela 2. Linha do tempo dos materiais nas instalações hidráulicas prediais no Brasil	10
Tabela 3. Materiais cuja aplicação é considerada pela ANQIP para redes prediais.....	11
Tabela 4. Caudais mínimos nos dispositivos de utilização de acordo com o Decreto Regulamentar n.º 23/95 .....	29
Tabela 5. Caudais de descarga e características geométricas de ramais de descarga e sifões para aparelhos sanitários mais correntes de acordo com o Decreto Regulamentar n.º 23/95 .....	35
Tabela 6. Taxas de ocupação de tubos de queda sem ventilação secundária secundo o Decreto Regulamentar n.º 23/95.....	39
Tabela 7. Valores dos parâmetros $a$ e $b$ .....	44
Tabela 8. Caudais instantâneos ( $Qa$ ), caudais mínimos ( $Qmin$ ), e unidades de carga de acordo com a EN 806-3 .....	47
Tabela 9. Unidades de carga para determinação dos diâmetros em tubagens de PPR segundo a EN 806-3:2006 .....	48
Tabela 10. Unidades de descarga (UD) de acordo com a EN 12056-2.....	52
Tabela 11. Fatores de frequência (K) típicos.....	53
Tabela 12. Capacidade hidráulica ( $Qmáx$ ) e diâmetro nominal (DN) dos ramais de descarga não ventilados segundo a EN 12056-2 .....	54
Tabela 13. Limitações para ramais não ventilados segundo a EN 12056-2 .....	54
Tabela 14. Limitações para ramais não ventilados do sistema III segundo a EN 12056-2 .....	55
Tabela 15. Capacidade hidráulica ( $Qmáx$ ) e diâmetro nominal (DN) dos ramais de descarga ventilados e respectivos ramais de ventilação segundo a EN 12056-2 .....	56
Tabela 16. Limitações para ramais ventilados segundo a EN 12056-2.....	56
Tabela 17. Limitações para ramais ventilados do sistema III segundo a EN 12056-2... ..	56
Tabela 18. Capacidade hidráulica ( $Qmáx$ ) e diâmetro nominal (DN) dos tubos de queda sem ventilação secundária segundo a EN 12056-2 .....	58
Tabela 19. Capacidade hidráulica ( $Qmáx$ ) e diâmetro nominal (DN) dos tubos de queda com ventilação secundária segundo a EN 12056-2 .....	58
Tabela 20. Capacidade dos coletores prediais ( $Qmáx$ ) e respectivas velocidades ( $v$ ) de escoamento para escoamento a 50% da seção segundo a EN 12056-2.....	59

Tabela 21. Capacidade dos coletores prediais ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) e respectivas velocidades ( $v$ ) de escoamento para escoamento a 70% da seção segundo a EN 12056-2 .....	59
Tabela 22. Fatores de risco segundo a EN 12056-3 .....	61
Tabela 23. Fator de capacidade ( $FL$ ) .....	62
Tabela 24. Capacidade das saídas de caleiras segundo a EN 12056-3 .....	67
Tabela 25. Caudais nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da pea de utilização pela NBR 5626:1998 .....	69
Tabela 26. Unidades de Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga segundo a NBR 8160 .....	73
Tabela 27. Dimensionamento de ramais de descarga não individuais segundo a NBR 8160 .....	74
Tabela 28. Dimensionamento dos tubos de queda segundo a NBR 8160 .....	74
Tabela 29. Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial segundo a NBR 8160 75	
Tabela 30. Distância máxima de um desconector ao tubo ventilador segundo a NBR 8160 .....	76
Tabela 31. Dimensionamento de colunas e barriletes de ventilação .....	76
Tabela 32. Dimensionamento de ramais de ventilação segundo a NBR 8160 .....	77
Tabela 33. Características das caixas de gordura indicadas pela NBR 8160 .....	79
Tabela 34. Coeficientes multiplicativos do caudal de projeto segundo NBR 10844 .....	82
Tabela 35. Coeficientes de rugosidade .....	82
Tabela 36. Capacidades de caleiras semicirculares com coeficientes de rugosidade $n=0,011$ (Caudal em L/min) .....	83
Tabela 37. Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazoes em L/min.) .....	84
Tabela 38. Dimensoes das tubagens de PPR .....	88
Tabela 39. Comprimentos equivalentes (m) das singularidades nas tubagens .....	90
Tabela 40. Dimensoes das tubagens de PVC .....	91
Tabela 41. Resumo dos DN da rede de abastecimento pelos métodos do RGSPDADAR, EN 806-3 e NBR 5626 .....	98
Tabela 42. Dados comparativos entre DN obtidos pelo RGSPDADAR, EN 806 e NBR 5626 .....	101
Tabela 43. Pressoes mínimas requeridas na rede de abastecimento segundo o RGSPDADAR, EN 806 e NBR 5626 .....	101

Tabela 44. Dimensionamento dos ramais de descarga não-individuais pelo RGSPDADAR.....	103
Tabela 45. Dimensionamento dos tubos de queda pelo RGSPDADAR.....	104
Tabela 46. Dimensionamento dos coletores prediais pelo RGSPDADAR.....	104
Tabela 47. Dimensionamento dos ramais de descarga não-individuais segundo a EN 12056-2.....	105
Tabela 48. Dimensionamento dos tubos de queda segundo a EN 12056-2.....	106
Tabela 49. Dimensionamento dos coletores prediais segundo a EN 12056-2.....	106
Tabela 50. Verificação da capacidade de autolimpeza das tubagens do RGSPDADAR .....	105
Tabela 51. Dimensionamento dos ramais de descarga não-individuais pela NBR 8160 .....	107
Tabela 52. Dimensionamento dos tubos de queda pela NBR 8160.....	107
Tabela 53. Dimensionamento dos coletores prediais pela NBR 8160 .....	107
Tabela 54. Dimensionamento das câmaras de retenção de gordura pela NBR 8160 ...	108
Tabela 55. Diâmetros nominais obtidos dos ramais de descarga individuais .....	108
Tabela 56. Diâmetros nominais obtidos dos ramais de descarga não-individuais .....	109
Tabela 57. Diâmetros nominais obtidos para os tubos de queda.....	110
Tabela 58. Diâmetros nominais obtidos para os coletores prediais e ramal de ligação	111
Tabela 59. Proporção entre os caudais obtidos pelo RGSPDADAR e EN 12056-2..	112
Tabela 60. Dados comparativos entre DN obtidos pelo RGSPDADAR, EN 12056-2 e NBR 8160.....	112
Tabela 61. Resumo dos parâmetros calculados para bombas de águas residuais.....	113
Tabela 62. Dimensionamento das caleiras pelo RGSPDADAR.....	113
Tabela 63. Dimensionamento dos tubos de queda pluviais pelo RGSPDADAR .....	114
Tabela 64. Dimensionamento dos coletores prediais pluviais pelo RGSPDADAR ..	114
Tabela 65. Dimensionamento das caleiras pela EN 12056-3 .....	114
Tabela 66. Dimensionamento dos tubos de queda pluviais pela EN 12056-3 .....	115
Tabela 67. Dimensionamento dos coletores prediais pluviais pela EN 12056-3 .....	115
Tabela 68. Dimensionamento das caleiras pela NBR 10844.....	115
Tabela 69. Dimensionamento dos tubos de queda pluviais pela NBR 10844.....	116
Tabela 70. Dimensionamento dos coletores prediais pela NBR 10844 .....	116

Tabela 71. Diâmetros nominais e caudais de cálculo para as caleiras .....	117
Tabela 72. Diâmetros nominais e caudais de cálculo para os tubos de queda pluviais	118
Tabela 73. Diâmetros nominais e caudais de cálculo para os coletores pluviais .....	118
Tabela 74. Dados comparativos entre os DN obtidos pelo RGSPDADAR, EN 12056-3 e NBR 10844 .....	119
Tabela 75. Resumo dos parâmetros calculados para bombas de águas pluviais .....	120
Tabela D.1. Dimensionamento da rede predial de distribuição de água de acordo com o RGSPDADAR.....	189
Tabela D.2. Dimensionamento da rede predial de distribuição de água de acordo com a EN 806-3:2006 .....	193
Tabela D.3. Dimensionamento da rede predial de distribuição de água de acordo com a NBR 5626:2020.....	197
Tabela E.1. Determinação do caudal a ser bombeado - RGSPDADAR.....	202
Tabela E.2. Dimensionamento da bomba de águas residuais - RGSPDADAR.....	202
Tabela E.3. Pré-dimensionamento da potência das bombas de águas residuais - RGSPDADAR.....	202
Tabela E.4. Determinação do caudal a ser bombeado - EN 12056-2.....	202
Tabela E.5. Dimensionamento da bomba de águas residuais - EN 12056-2.....	203
Tabela E.6. Pré-dimensionamento da potência das bombas de águas residuais - EN 12056-2 .....	203
Tabela E.7. Determinação do caudal a ser bombeado - NBR 8160 .....	203
Tabela E.8. Dimensionamento bomba de águas residuais - NBR 8160.....	204
Tabela E.9. Pré-dimensionamento da potência das bombas de águas residuais - NBR 8160 .....	204
Tabela E.10. Dimensionamento bomba de águas pluviais – RGSPDADAR e EN 12056-3 .....	204
Tabela E.11. Pré-dimensionamento da potência das bombas de águas pluviais – RGSPDADAR e EN 12056-3 .....	205
Tabela E.12. Dimensionamento bomba de águas pluviais - NBR 8160.....	205
Tabela E.13. Pré-dimensionamento da potência das bombas de águas pluviais - NBR 8160 .....	205

# Lista de Abreviaturas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

a.C. – Antes de Cristo

ANQIP – Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

BWC – *Bathroom Water Closet* (Banheiro/Casa de banho)

CB – Comitê Brasileiro

CEE – Comissões de Estudo Especiais

CEN – Comitê Europeu de Normalização

CGD – Caixa de Gordura Dupla

CGP – Caixa de Gordura Pequena

CGS – Caixa de Gordura Simples

CP – Coletor predial

cv – Cavalos-vapor

d.C. – Depois de Cristo

EN – Norma Europeia

ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

FF – Ferro fundido

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

IPB – Instituto Politécnico de Bragança

IPQ – Instituto Português da Qualidade

ISO – Organização Internacional de Normalização

NBR – Norma Brasileira

ONS - Organismos de Normalização Setorial

PEAD - Polietileno de Alta Densidade

PEX – Polietileno reticulado

PPR – Polipropileno random (PPR)

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PVC – Policloreto de vinilo

PVC-C – Policloreto de vinilo clorado

RGCE – Regulamento Geral das Canalizações de Esgotos

RGEU – Regulamento Geral de Edificações Urbanas

RGSPDADAR – Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais

RL – Ramal de ligação

RSEU – Regulamento de Salubridade das Edificações Urbanas

SNIS – Serviço Nacional de Informações Sobre Saneamento

TQ – Tubo de queda

UD – Unidades de Descarga

UHC – Unidade Hunter de Contribuição

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

# Lista de Símbolos

$A_{cont}$ – Área de contribuição;	$L^2$
$A_{cal}$ – Área total da secção transversal da caleira	$L^2$
$A_0$ – Área plana da do orifício de descarga	$L^2$
$C$ – Coeficiente de escoamento	-
$d$ – Distância máxima entre os sifões e as secções ventiladas	$L$
$D$ – Diâmetro da tubagem	$L$
$D_{calc}$ – Diâmetro calculado da tubagem	$L$
$D_{int}$ – Diâmetro interno da tubagem	$L$
$D_{int,min}$ – Diâmetro interno mínimo da tubagem	$L$
$DN$ – Diâmetro nominal	$L$
$D_{p,TQ}$ – Diâmetro do tubo de queda de águas pluviais	$L$
$D_{r,TQ}$ – Diâmetro do tubo de queda de águas residuais	$L$
$D_s$ – Diâmetro efetivo da saída da caleira	$L$
$D_v$ – Diâmetro da coluna de ventilação	$L$
$\varepsilon$ – Rugosidade absoluta do material	$L$
$f$ – Fator de atrito	-
$F_d$ – Fator de profundidade	-
$F_L$ – Fator de capacidade	-
$F_s$ – Fator de forma	-
$g$ – Aceleração da gravidade	$L/T^2$
$H$ – Altura manométrica	$L$
$H_{TQ}$ – Carga no tubo de queda	$L$
$h_f$ – Perda de carga	$L$
$i$ – Declividade da tubagem ou da caleira	$L/L$
$I$ – Intensidade pluviométrica	$L/T$
$J$ – Perda de carga unitária	$L/L$
$k$ – Rugosidade da tubulação	$L$
$K$ – Fator de frequência	-
$K_s$ – Constante de rugosidade do material	$L^{1/3}/T$
$k_0$ – Coeficiente de saída	-

$L$ – Comprimento da caleira	L
LU – Unidades de carga ( <i>Loadind Units</i> )	-
$L_v$ – Altura da coluna de ventilação	L
$n$ – Coeficiente de rugosidade de Manning para o material	-
$N$ – Número de dispositivos considerados	-
$\eta$ – Rendimento da bomba	%
$p$ – Pressão no ponto	M/(LT <sup>2</sup> )
$\rho$ – Massa específica do fluido	M/L <sup>3</sup>
$Q$ – Caudal	L <sup>3</sup> /T
$Q_a$ – Caudal de cálculo de abastecimento	L <sup>3</sup> /T
$Q_{acum}$ – Caudal acumulado	L <sup>3</sup> /T
$Q_b$ – Caudal de bombagem	L <sup>3</sup> /T
$Q_{eq}$ – Caudal equivalente de uma caleira de beirado com seção quadrada	L <sup>3</sup> /T
$Q_L$ – Caudal de capacidade da caleira	L <sup>3</sup> /T
$Q_{m\acute{a}x}$ – Caudal máximo	L <sup>3</sup> /T
$Q_{min}$ – Caudal mínimo	L <sup>3</sup> /T
$Q_N$ – Caudal de capacidade nominal da caleira	L <sup>3</sup> /T
$Q_p$ – Caudal de cálculo de águas pluviais	L <sup>3</sup> /T
$Q_r$ – Caudal de cálculo de águas residuais	L <sup>3</sup> /T
$Q_t$ – Caudal total	L <sup>3</sup> /T
$R_e$ – Número de Reynolds (adimensional)	-
$R_h$ – Raio hidráulico	L
$S$ – Área da seção molhada	L <sup>2</sup>
$t$ – Duração da precipitação	T
$t_b$ – Intervalo de tempo entre duas partidas do motor da bomba	T
$t_d$ – Tempo de detenção do esgoto na caixa coletora	T
$t_s$ – Taxa de ocupação	-
$\mu$ – Viscosidade dinâmica do fluido	M/(LT)
$v$ – Velocidade de escoamento	L/T
$V_u$ – Volume útil da caixa coletora	L <sup>3</sup>
$V_t$ – Volume total da caixa coletora	L <sup>3</sup>
$\nu$ – Viscosidade do fluido	L <sup>2</sup> /T
$x$ – Coeficiente de simultaneidade do uso dos aparelhos	-

W – Altura da lâmina d'água na caleira	L
$\gamma$ – Peso específico da água, igual a 9810 N/m <sup>3</sup>	M/(L <sup>2</sup> T <sup>2</sup> )
z – Cota de um ponto	L
Z – Desnível geométrico entre a saída da bomba e a saída da tubagem de compressão	L
$Z_{cal}$ – Profundidade da caleira	L

# Lista de Termos Português PT – Português BR

Anexo – Edícula;  
Arrumos – Depósito;  
Autoclismo – Descarga;  
Bacia de retrete – Bacia sanitária;  
Barbecue – Churrasqueira;  
Bombagem – Bombeamento;  
Caleira – Calha;  
Câmara de retenção de gorduras – Caixa de gordura;  
Casa de banho – Banheiro;  
Caudal – Vazão;  
Cave – Piso subterrâneo/Subsolo;  
Conceção – Concepção;  
Contador – Hidrômetro;  
Courette – *Shaft*;  
Duche – Chuveiro;  
Fluxômetro – Caixa de descarga;  
Folha de cálculo – Planilha;  
Planear – Planejar;  
Porcentagem – Porcentagem;  
Ramal de descarga não-individual – Ramal de esgoto;  
Rés do chão – Pavimento térreo;  
Tecto – Teto;  
Troço – Trecho;  
Tubagem – Tubulação.

# Capítulo 1.

## Introdução

### 1.1. Motivação

Considerando a total dependência do ser humano à água, as instalações hidrossanitárias prediais constituem parte indispensável das edificações modernas, e os conceitos atrelados a elas se fazem presentes na sociedade desde a antiguidade. Escavações no vale do rio Indus, na Índia, mostraram ruínas de sistemas de instalações que datam de 3000 a 6000 anos atrás (LANDI, 1993). Com a evolução da sociedade, as instalações se modernizaram, surgindo tecnologias, métodos de cálculo e regulamentações a fim de garantir conforto e salubridade aos usuários.

O fornecimento de água potável e o esgotamento de águas residuais dependem de um complexo conjunto de equipamentos de forma a conectar as redes públicas de abastecimento aos dispositivos de consumo, e posteriormente de escoar as águas residuais destes equipamentos até o coletor residual público. Considerando as diversas variáveis envolvidas, os diferentes materiais utilizados e as especificidades de cada edificação, cada projeto hidrossanitário é único, não havendo uma forma única de concebê-lo ou dimensioná-lo.

Como indica Landi (1993), a importância destes sistemas se dá na garantia de saúde pública, controle de pragas e prevenção de epidemias, e sua evolução histórica está diretamente conectada ao crescimento da qualidade e expectativa de vida das populações. Por isso se faz necessário criar critérios e métodos a serem respeitados de forma a padronizar e controlar a qualidade dos sistemas prediais.

Além da questão de saúde, um dimensionamento incorreto das instalações hidrossanitárias traz impactos para o conforto do usuário, ocasionando possíveis ruídos, mau cheiro e falta de pressão de água nos pontos de consumo. A vida útil do edifício também pode ser prejudicada em decorrência de vazamentos que podem acarretar desde mofos e bolores, até casos mais graves como comprometimento estrutural (CARVALHO JÚNIOR, 2013).

A fim de estabelecer diretrizes e parâmetros para concepção e dimensionamento das redes prediais surgiram diversos documentos normativos. Atualmente, em Portugal,

é o **Decreto Regulamentar n.º 23/95: Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR)** que estabelece as normativas acerca deste tópico.

A nível europeu há a Norma Europeia **EN 806-3:2006 – *Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption***, relativa ao dimensionamento de tubagens das redes prediais de água; e a norma **EN 12056:2000 – *Gravity drainage systems inside***, referente às redes de esgotamento sanitário em sua **Parte 2: *Sanitary pipework, layout and calculation***, e referente à drenagem de águas pluviais em sua **Parte 3: *Roof drainage, layout and calculation***.

No Brasil, os sistemas hidrossanitários prediais são regidos pelas Normas: **ABNT NBR 5626:2020 – *Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção***; **ABNT NBR 8160:1999 – *Sistemas prediais de esgoto sanitário: Projeto e execução***; e a **ABNT NBR 10844:1989 – *Instalações prediais de águas pluviais***.

Cada regulamentação acerca das instalações hidráulicas prediais apresenta seus próprios parâmetros, equações e requisitos para dimensionamento, o que torna esse processo menos uniforme. São geradas também incertezas, uma vez que existem diferenças e contradições entre as diferentes regulamentações. Uma análise dos métodos propostos pelas diferentes normativas pode, portanto, vir a simplificar e otimizar o dimensionamento das instalações prediais de água.

## **1.2. Objetivos**

O presente trabalho de investigação tem como objetivo principal dimensionar as redes prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais e pluviais de um edifício residencial unifamiliar de alto padrão, constituída de 3 pavimentos, com base em regulamentação legal e normativa aplicada em Portugal, em outros países europeus, e no Brasil, de modo a realizar uma análise comparativa das metodologias de dimensionamento adotadas nos diferentes países e suas implicações na edificação.

Como objetivos secundários propõe-se:

- Realizar uma revisão bibliográfica do histórico das instalações prediais de água e das normatizações existentes;
- Comparar as divergências, complementariedades e contradições presentes nas normas propostas;
- Dimensionar uma edificação seguindo os parâmetros impostos pelas diferentes regulamentações;
- Analisar os resultados obtidos de forma a avaliar os impactos dos diferentes modos de dimensionamento.

### 1.3. Descrição do plano de trabalho

Com a finalidade de realização do estudo proposto elaborou-se um Plano de Trabalho que possui 5 fases, apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1. Fases e períodos do desenvolvimento do trabalho e respectivas descrições**

<b>Fases</b>	<b>Tipo de Trabalho</b>	<b>Descrição</b>	<b>Período de Tempo</b>
<b>I</b>	Revisão bibliográfica sobre o tema		setembro de 2020 a janeiro de 2021
<b>II</b>	Adaptação do traçado das redes	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alteração nos traçados das redes para coincidir com os requisitos das normas;</li> <li>▪ Elaboração de modelo 3D do edifício e das redes em Revit;</li> <li>▪ Verificação da compatibilidade entre as redes.</li> </ul>	fevereiro a junho de 2021
<b>III</b>	Dimensionamento das redes	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elaboração de planilhas eletrônicas para dimensionamento;</li> <li>▪ Dimensionamento das redes de abastecimento de água, drenagem de águas residuais e drenagem de águas pluviais pelas 3 normas.</li> </ul>	junho a setembro de 2021
<b>IV</b>	Análise dos resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Comparação entre os resultados obtidos pelos diferentes métodos de dimensionamento.</li> </ul>	setembro de 2021
<b>V</b>	Redação final do trabalho		outubro de 2020 a outubro de 2021

## 1.4. Organização do relatório

O presente relatório está estruturado em 6 capítulos, nomeadamente: Introdução, Estado da Arte, Regulamentações para Dimensionamento, Metodologia, Resultados e Discussões, e Conclusões e Proposta para Trabalhos Futuros.

**Capítulo 1.** No primeiro capítulo, de **Introdução**, são apresentadas as Motivações que levaram à escolha do tema proposto, apresentando a relevância dele, bem como os Objetivos que o trabalho propõe alcançar. Também neste capítulo é apresentada a Descrição do plano de trabalho e a Organização do relatório.

**Capítulo 2.** Refere-se ao **Estado da Arte**, começando por apresentar um panorama histórico das instalações hidrossanitárias, sua importância na história e as evoluções que ocorreram. São também apresentadas resenhas acerca dos 3 tipos de sistemas que serão tratados no trabalho, os sistemas prediais de distribuição de água, de drenagem de águas residuais e de drenagem de águas pluviais, elencando as finalidades e características principais de cada.

**Capítulo 3.** Nomeado **Regulamentações para Dimensionamento**, neste capítulo é feito um resumo das normas vigentes no Brasil, em Portugal, e na União Europeia para projeto e dimensionamento de cada tipo de sistema predial ao qual este trabalho se refere.

**Capítulo 4.** O capítulo de **Materiais e Métodos** apresenta a descrição da edificação na qual é aplicado o caso de estudo, bem como descreve de forma detalhada as redes de abastecimento de água, de drenagem de águas residuais domésticas e de drenagem de águas pluviais e a metodologia de dimensionamento.

**Capítulo 5.** Neste capítulo são apresentados os **Resultados e Discussões** obtidos após realização do caso de estudo, comparando os resultados obtidos para o dimensionamento seguindo os métodos propostos pelas diferentes regulamentações e discutindo os motivos e impactos de tais diferenças.

**Capítulo 6.** O último capítulo traz as **Conclusões** alcançadas com as análises dos resultados e as comparações com a literatura existente, além de **Propostas para Trabalhos Futuros** que possam seguir adiante o estudo no tema.

Por fim são apresentadas as referências bibliográficas pesquisadas, os apêndices e anexos do trabalho.

# Capítulo 2.

## Estado da arte

### 2.1. Resenha Histórica das Instalações Prediais

Apesar do desenvolvimento mais acentuado das instalações prediais ter ocorrido nos últimos 100 anos, os primeiros sistemas datam de 3000 a 6000 anos atrás, como as ruínas encontradas no vale do rio Indus, na Índia. No entanto os conhecimentos que se têm sobre as instalações prediais na Antiguidade foram quase exclusivamente obtidos a partir da arqueologia, não havendo documentos significativos que tratem da forma como esses povos realizavam o dimensionamento e concepção dos sistemas (LANDI, 1993).

Segundo Landi (1993) ao contrário do que se pode imaginar, esses sistemas existentes na Antiguidade apresentavam qualidade elevada. No Egito, por exemplo, foram encontrados tubos de cobre responsáveis por conduzir água e drenar o esgoto de banheiros no palácio do Faraó. Em escavações no palácio de Cnos, na ilha de Creta foram encontradas evidências de redes de água e esgoto que datam de 1000 a.C., inclusive com aparelhos sanitários, sistema de aquecimento e conexões do tipo T e Y.

É válido ressaltar, no entanto, que os registros de sistemas prediais na Antiguidade mostram que eles eram em sua maioria reservados aos reis, Faraós, sacerdotes e nobres. Não se deve pensar que este era um benefício generalizado à população, que vivia miseravelmente, sem acesso à higiene básica (LANDI, 1993).

Grandes avanços na área das instalações hidrossanitárias se devem aos Romanos. O primeiro aqueduto romano foi construído cerca de 300 a.C., conduzindo água potável à cidade de Roma, e a este se sucederam outros 10 aquedutos, totalizando 11 no ano de 226 d.C. Estima-se que o consumo diário chegava a 1300 L/hab.dia, e a qualidade da água era controlada por um magistrado próprio (LANDI, 1993).

Além do desenvolvimento no fornecimento de água, os romanos se destacaram pela drenagem de águas. Esse avanço pode ser representado pelo famoso coletor em Roma conhecido como *Cloaca Máxima*, que combinava as funções de esgotamento de águas residuais, esgotamento de águas pluviais e drenagem de pântanos (DE FEO *et al.*, 2014).

Em seu auge como capital do Império, a cidade de Roma contava com extensas redes subterrâneas de água, em chumbo e bronze, e de esgoto, em cerâmica. Os banhos públicos eram abertos à população (DE FEO *et al.*, 2014).

O Império Romano caiu no século V e com ele muitos dos conceitos de higiene que estavam se desenvolvendo. Ocorreram diversos retrocessos sociais e culturais durante a Idade Média, por vezes referida como a Idade das Trevas, e as instalações prediais e públicas de abastecimento de água e drenagem não foram exceção (LANDI, 1993).

Conforme De Feo (2014), em algumas cidades as redes herdadas dos romanos se mantiveram em uso, mas o declínio das cidades e a falta de uma administração urbana impediram a construção de novos sistemas e manutenção das existentes. Durante esse período foi imposto no imaginário popular que os banhos públicos, como os que existiam em Roma, sugeriam promiscuidade, e o uso de banheiros era desencorajado pela crença de que viver cercado por sujeira significava viver em humildade e santidade.

Curiosamente, de acordo com Wright (1962 apud DE FEO, 2004), os mosteiros eram exemplos de uma higiene excepcional na Idade Média se comparado ao restante da sociedade da época. Nesses ambientes havia latrinas individuais e lavatórios para se lavar as mãos após as refeições, e os habitantes tinham o costume de lavar os pés semanalmente e tomavam banho até quatro vezes ao ano.

No entanto a população em geral não tinha acesso a quase nenhum tipo de instalações hidrossanitárias neste período, e este panorama se manteve praticamente inalterado até o Século XVIII (WRIGHT, 1962, apud DE FEO, 2004).

Os dejetos produzidos nas casas eram simplesmente jogados pela janela, criando-se o costume de gritar “Água vai” para alertar os transeuntes antes de lançar o conteúdo. Com isso as cidades se tornavam verdadeiros esgotos a céu aberto, ficando os dejetos acumulados nas ruas até a próxima chuva vir para os levarem (LANDI, 1993).

Essa falta de higiene nas cidades tinha influência direta na expectativa de vida da população da época. A soma da disposição irregular de águas residuais e da falta de conhecimentos sobre padrão de potabilidade da água – os únicos padrões utilizados para verificação era a cor e o odor da água – resultou na proliferação de doenças e epidemias que alastraram as grandes cidades da época (ABELLÁN, 2017).

Conforme Abellán (2017), os problemas associados à falta de saneamento foram agravados com a urbanização e globalização no século XIX. As relações comerciais entre Inglaterra e Índia possibilitaram a chegada da cólera na Europa em 1831. Em 1833 a

epidemia chegava à Portugal. A cólera é uma doença causada pela bactéria *Vibrio cholera*, e o contágio se dá principalmente pelo consumo de água contaminada com fezes humanas contendo a bactéria.

Percebendo que colocar em quarentena os doentes não impediu a epidemia de se alastrar, governos precisaram encontrar outras medidas a serem tomadas. Percebendo a influência da falta de higiene na propagação da doença, nas décadas seguintes se viu um grande investimento público nos sistemas de abastecimento de água e redes de esgotos, cada vez impulsionados pelas subseqüentes epidemias de cólera, como a de 1848-1850 (ABELLÁN, 2017).

No entanto o desenvolvimento de sistemas de distribuição de água e coleta de esgoto era comprometido pela falta de verbas públicas, e para os cidadãos ainda era mais barato pagar carregadores para trazer água de fontes do que financiar redes de água (CHATZIS E COUTARD, 2005).

A ascensão da democracia a partir da década de 1870 impulsionou a extensão do acesso aos serviços de saneamento aos subúrbios e cidades menores. Além disso com a competição no mercado imobiliário propriedades com acesso a água potável e drenagem de águas residuais tiveram seu valor aumentado, o que estimulou senhorios a adaptar seus imóveis e conectá-los às redes públicas para poder alugá-los (ABELLÁN, 2017).

Outro fator que contribuiu para os avanços das instalações prediais de água é percepção popular sobre higiene que começa a mudar, inicialmente na nobreza e influenciando a população em geral, que passa a acreditar que estar “limpo” seria uma referência estimável, algo que confere distinção e privilégio (MATOS, 2003).

### 2.1.1 Evolução dos Materiais nas Instalações Hidrossanitárias

Os materiais utilizados nas redes prediais também se alteraram e evoluíram com o tempo. Até à primeira metade do século XX eram usados em sua maioria materiais rígidos, como o grés para esgotos e o ferro galvanizado para as águas. O uso do chumbo foi comum nas instalações até ser notado que este material poderia trazer malefícios à saúde, levando à erradicação do seu uso em novas obras e preocupação de substituição nas existentes (SILVA-AFONSO, 2007a).

Com a evolução industrial pós-guerra os materiais plásticos foram amplamente difundidos em diversos setores, inclusive nas instalações prediais. Se popularizou nas décadas de 60/70 o uso do policloreto de vinilo (PVC) por sua leveza, facilidade de instalação, baixo custo e baixa rugosidade (SILVA-AFONSO, 2007a).

Conforme Silva-Afonso (2007a), a baixa resistência do PVC à altas temperaturas, no entanto, se tornou um empecilho ao seu uso nas instalações de água quente. Para suprir essa demanda foram desenvolvidos novos materiais plásticos com maior resistência térmica e mecânica, como o polietileno reticulado (PEX), o policloreto de vinilo clorado (PVC-C) e o polipropileno copolímero random (PPR).

Para a condução da água quente, além dos materiais termoplásticos é muito usado o cobre, uma liga metálica fabricada por extrusão. Este ainda é o material mais empregado no Brasil nas redes de água quente, e tem como grandes vantagens sua durabilidade e reduzida tendência a encrustamentos (PEDROSO, 2016). No entanto Loturco (2008) cita que o aumento do preço do cobre no mercado internacional impulsionou a adoção dos materiais plásticos para estas redes.

Loturco (2008) apresenta uma linha do tempo resumindo a evolução dos materiais empregados nas redes de água e esgoto prediais no Brasil, como visto na Tabela 2.

**Tabela 2. Linha do tempo dos materiais nas instalações hidráulicas prediais no Brasil**

<b>Época</b>	<b>Abastecimento de água</b>	<b>Drenagem de águas residuais</b>
Antes dos anos 1970	Ferro galvanizado	Chumbo, ferro galvanizado, caixas sifonadas em cobre ou latão e conexões em chumbo derretido
Anos 1970 e 1980	Surgimento do PVC para água fria e uso do cobre para água quente	Surgimento do PVC
Anos 1990	Surgimento do PPR e PEX	Surgimento do PPR
Depois dos anos 2000	Surgimento do PEX multicamada	Ferro fundido revestido com epóxi

Fonte: Loturco (2008).

Silva-Afonso (2007b) aponta que o uso do PVC para tubagens de drenagem foi generalizado em Portugal, podendo-se afirmar que na virada do milênio este material correspondia à quase totalidade das construções correntes no país para drenagem predial. No entanto o uso do PVC chamado “série fria” revelou fragilidades, em especial em relação ao seu comportamento mediante águas quentes, uma vez que é corrente a descarga de águas a temperaturas próximas a 90°C proveniente de máquinas de lavar roupas por exemplo.

Em vista de solucionar os problemas apontados para o PVC, surgiu a NP EN 1329:1 com título Sistemas de Tubagens em Plástico para Esgoto no Interior de Edifícios, publicada em Portugal em 2002, que implica no aumento da espessura dos tubos de PVC.

O uso de tubos de PEX tem crescido em Portugal nas últimas décadas, em resultado de políticas comerciais e formação de instaladores. No entanto a nível europeu nota-se uma tendência ao uso de tubos multicamadas, que combinam as vantagens das tubagens metálicas e das termoplásticas (SILVA-AFONSO, 2007b).

A Tabela 3 apresenta um resumo dos materiais cuja aplicação é considerada pela Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP) em redes prediais de águas e esgoto (ANQIP, 2007).

**Tabela 3. Materiais cuja aplicação é considerada pela ANQIP para redes prediais**

	<b>Redes elevadas</b>	<b>Redes enterradas</b>
Distribuição de água quente e fria	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aço inox;</li> <li>- Tubos de parede composta;</li> <li>- Polipropileno;</li> <li>- Polietileno reticulado (PEX);</li> <li>- Policloreto de vinilo clorado (PVC-C);</li> <li>- Polibutileno (PB);</li> <li>- Cobre;</li> <li>- Ferro galvanizado (FG)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polietileno de alta densidade (PEAD);</li> <li>- Policloreto de vinilo de moléculas orientadas (MOPVC);</li> <li>- Policloreto de vinilo (PVC-U);</li> <li>- Polipropileno random (PPR);</li> <li>- Ferro fundido (FF)</li> </ul>
Drenagem de águas residuais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polietileno de alta densidade (PEAD);</li> <li>- Policloreto de vinilo (PVC-U);</li> <li>- Polipropileno random (PPR);</li> <li>- Ferro fundido (FF);</li> <li>- Polipropileno com parede estruturada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polipropileno random (PPR);</li> <li>- Policloreto de vinilo (PVC-U) corrugado;</li> <li>- Ferro fundido (FF);</li> <li>- Grés;</li> <li>- Policloreto de vinilo com parede estruturada;</li> <li>- Polipropileno com parede estruturada</li> </ul>
Drenagem pluvial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ferro galvanizado (FG);</li> <li>- Aço carbono (AC);</li> <li>- Ferro fundido (FF);</li> <li>- Polietileno (PEAD);</li> <li>- Cobre;</li> <li>- Alumínio;</li> <li>- Policloreto de vinilo (PVC-U).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polipropileno (PP);</li> <li>- Policloreto de vinilo (PVC-U) corrugado;</li> <li>- Policloreto de vinilo com parede corrugada;</li> <li>- Betão.</li> </ul>

Fonte: ANQIP (2007).

- **Policloreto de Vinilo (PVC)**

O PVC é um material amplamente difundido e utilizado na construção civil, não só em tubagens, mas em esquadrias, telhas, pisos vinílicos e divisórias, entre outras aplicações. De acordo com o Instituto Brasileiro do PVC (2021) esse material é constituído de 57% de cloro, obtido da eletrólise do sal marinho, e 43% de etano, derivado do petróleo.

Há no mercado duas opções de tubagens em PVC, classificadas de acordo com o tipo de ligação: soldáveis ou roscáveis. Na linha soldável as juntas são soldadas a frio por meio de adesivo próprio, dispensando uso de ferramentas e equipamentos específicos (KRONA, 2021).



**Figura 1. Tubagem PVC tipo soldável**  
Fonte: Krona (2021).

Já na linha roscável utiliza-se uma tarraxa para formar roscas, que são linhas espirais responsáveis por fixar a conexão.



**Figura 2. Tubagem PVC tipo roscável**  
Fonte: Krona (2021).

Como citado previamente, o PVC não apresenta grande resistência ao calor. De acordo com Pedroso (2016), o PVC está dimensionado para suportar temperaturas de até apenas 20°C em uso contínuo. De modo a melhorar a resistência ao calor e à pressão pode-se submeter o PVC a uma reação de cloração, de modo que aumenta o teor de cloro do material, dando origem ao PVC-C (Policloreto de Vinilo Clorado).



**Figura 3. Tubagem em Policloreto de Vinilo Clorado (PVC-C)**

Fonte: Tigre (s.d.).

De acordo com o catálogo do fabricante Tigre (s.d.) o PVC-C suporta temperaturas da ordem de 80°C quando atuando a uma pressão de serviço de 60 m.c.a, mas pode chegar a uma pressão de 240 m.c.a quando reduzida a temperatura da água para 20°C.

Na Europa as tubagens de PVC devem seguir a NP EN 1329:1 (2002).

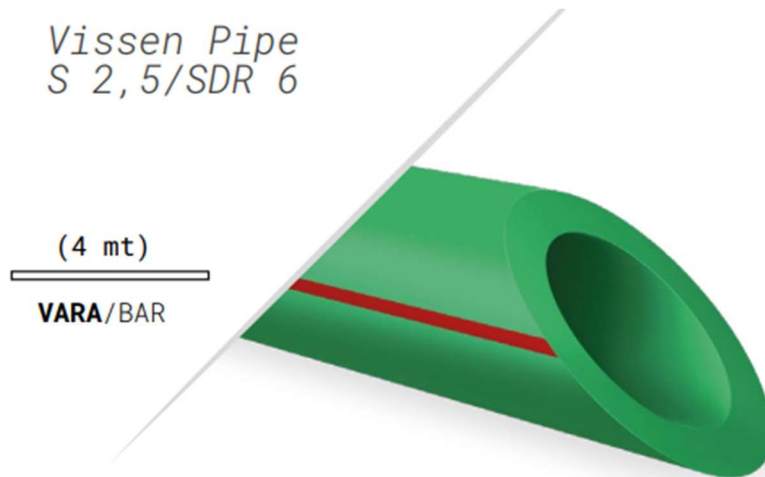


**Figura 4. Tubagens em PVC conforme NP EN 1329:1.**

Fonte: EUROTUBO (2021).

- Polipropileno Copolímero Random (PPR)

Dimensionados para suportar temperaturas até 100°C, os tubos de PPR são bastante empregados para distribuição de água fria e água quente. Criado pelos europeus em 1954 (TIGRE, s.d.), além do seu desempenho térmico, o PPR apresenta vantagem na sua resistência a pressões mais elevadas que o PVC.



**Figura 5. Tubagem em Polipropileno Copolímero Random (PPR)**

Fonte: VISSEN PIPING SOLUTIONS (2021).

Outras vantagens do uso do material estão na sua durabilidade, maior resistência a impactos, redução dos ruídos nas instalações devido ao seu isolamento acústico, e apresenta maior isolamento térmico, evitando perdas de calor no caso da condução de água quente (TIGRE, s.d.).

Conforme catálogo da fabricante Tigre (s.d.) os tubos de PPR são divididos em três classes de acordo com a pressão nominal (PN) que resistem: PN 12 (12 kgf/cm<sup>2</sup>), PN 20 (20 kgf/cm<sup>2</sup>) e PN 25 (25 kgf/cm<sup>2</sup>). Na execução de instalações em PPR é necessária mão de obra especializada, uma vez que se emprega a termofusão. Apesar de diferente dos processos tradicionais a termofusão é prática e simples, e neste processo os tubos e conexões são unidos molecularmente a uma temperatura de 260°C, o que evita vazamentos pela formação de um sistema contínuo (TIGRE, s.d.).

- Polietileno Reticulado (PEX)

Os tubos de PEX são dimensionados para suportarem temperaturas de até 95° C em condição contínua de funcionamento, conforme aponta Pedroso (2016), de forma que podem ser utilizados para distribuição de água fria e de água quente.



**Figura 6. Tubagem em Polietileno Reticulado (PEX)**

Fonte: Amanco (2015).

Esse material apresenta como grande atrativo sua flexibilidade, de forma que os tubos podem ser dobrados. São vendidos em bobinas como mostra a Figura 6. Deste modo as mudanças de direção podem ser realizadas pela curvatura do próprio tubo, reduzindo o número de conexões e com isso as perdas de carga e os riscos de vazamentos. Desenvolvido inicialmente na Europa, este material é mais recente que os demais apresentados, sendo menos difundido que outros tipos de tubagens, por isso podem ter menor disponibilidade no mercado e preço mais elevado (PLASTIC PIPE AND FITTINGS ASSOCIATION; PLASTIC PIPE INSTITUTE, 2006).

A norma brasileira referente ao PEX, a ABNT NBR 15939:2011 foi publicada apenas em 2011, com objetivo de difundir o uso do material. De acordo com Silva e Silveira (2019), no estado de Santa Catarina, no Brasil, o custo das instalações em PEX pode ser até cerca de 200% maior que em PVC e 50% maior que em PPR em um edifício multifamiliar.

## 2.2 Sistemas Prediais de Distribuição de Água

O objetivo dos sistemas prediais de distribuição de água é garantir o abastecimento de água potável ao consumidor nos pontos de utilização requeridos com segurança, qualidade e conforto. Atualmente nos centros urbanos esses sistemas estão conectados a redes públicas de distribuição de água potável, podendo haver situações em que o abastecimento se dá por captação direta em poços, devendo, portanto, ser garantida a potabilidade de acordo com normativa vigente na localidade. Havendo ligação com a rede pública, esta deve ser independente de outras formas de alimentação (MACINTYRE, 2017).

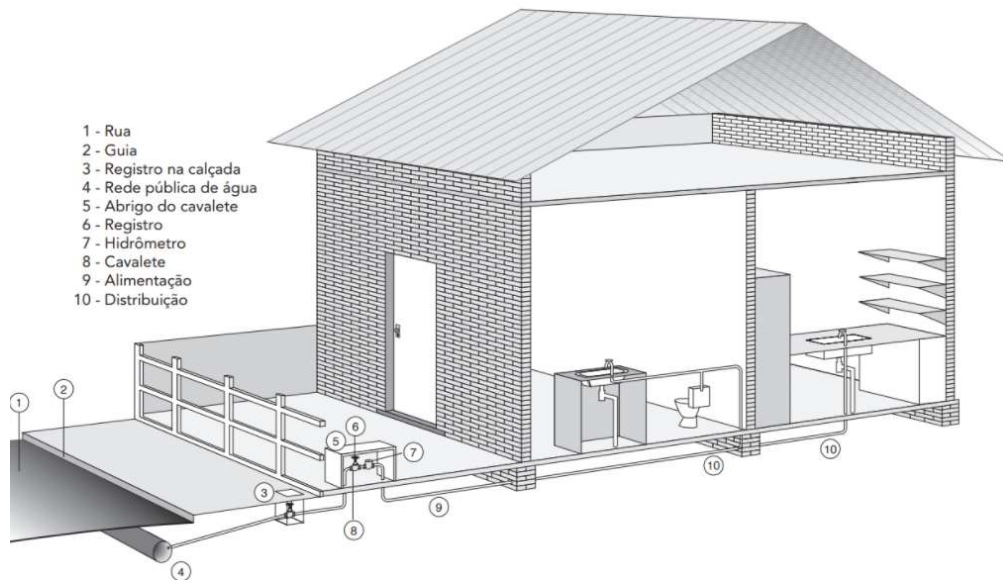
De acordo com Pedroso (2016), o consumo de água em um edifício é função do uso ao qual ele se destina. Deve-se, portanto, adequar as redes prediais às características da edificação, seja ela residencial, escolar, hospitalar, hoteleira ou comercial, por exemplo. Para cada tipo devem ser determinados volumes de consumo específicos a serem garantidos, seguindo regulamentações pertinentes.

A tubagem que conecta à rede pública com a predial é denominada ramal de ligação, ou ramal predial. Neste ramal está conectado o contador, ou hidrômetro, aparelho destinado a medir o volume de água que é fornecido para determinado consumidor. A partir do contador temos o ramal de alimentação, que irá se dividir nas tubagens que realizarão a distribuição da água no edifício, de acordo com o tipo de abastecimento adotado (PEDROSO, 2016).

### 2.2.1 Tipos de abastecimento

Após o ramal predial, a distribuição da água dentro do edifício pode se dar de forma direta, indireta ou mista.

*Distribuição direta:* ocorre diretamente da rede de abastecimento (Figura 7), nos casos em que há disponibilidade de pressão suficiente para que a água chegue a todos os pontos de utilização atendendo aos requisitos mínimos de pressão requeridos para cada aparelho sanitário (CARVALHO JÚNIOR, 2014).

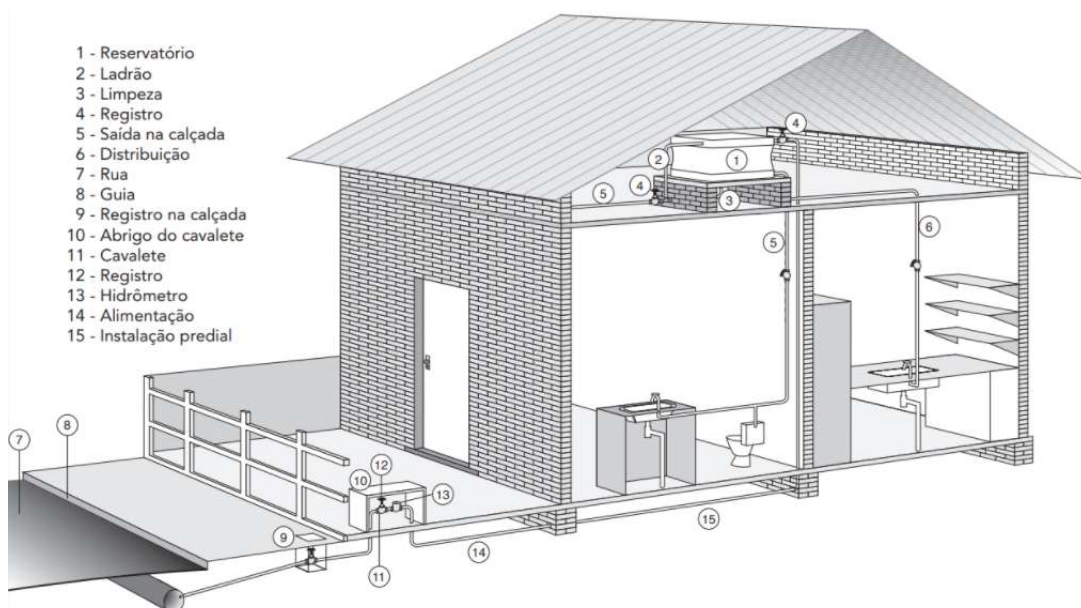


**Figura 7. Sistema de distribuição direta**

Fonte: Carvalho Júnior (2014).

*Distribuição indireta:* a alimentação do sistema ocorre indiretamente com utilização de reservatórios para armazenagem da água vinda da rede pública antes da distribuição dela dentro da edificação (CARVALHO JÚNIOR, 2014).

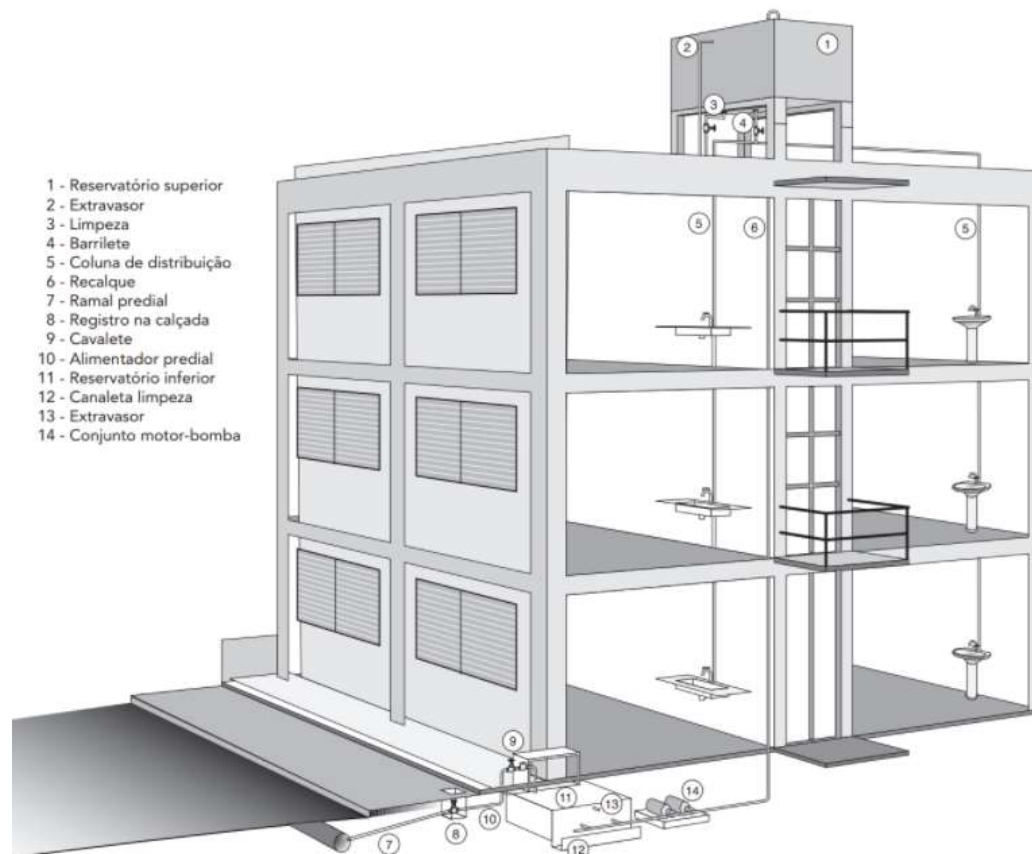
O reservatório pode ser alocado no topo do edifício, quando há disponibilidade de pressão da rede pública para abastecê-lo, procedendo então com distribuição por gravidade para os aparelhos sanitários ( Figura 8).



**Figura 8. Sistema de distribuição indireta**

Fonte: Carvalho Júnior (2014).

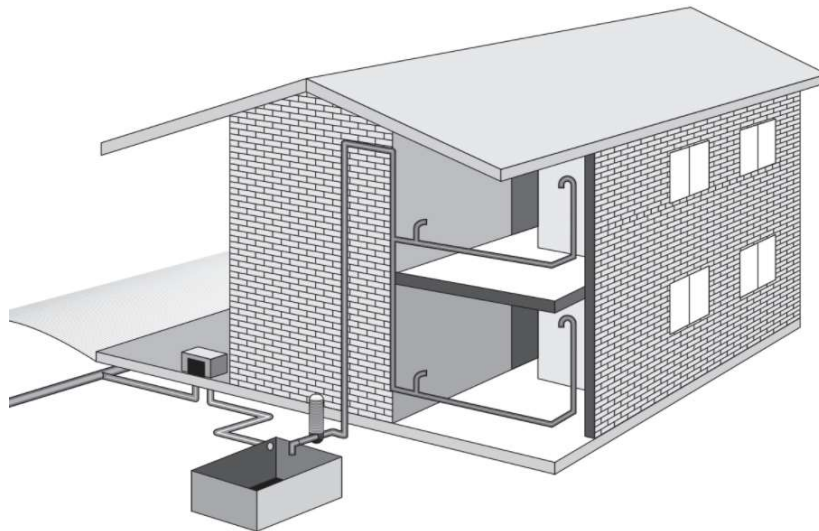
*Distribuição indireta com bombagem:* nem sempre a rede pública disponibiliza pressão suficiente para que sejam abastecidos de maneira satisfatória todos os aparelhos sanitários da edificação. Para estes casos pode ser adotado um reservatório de acumulação na base do edifício, a partir do qual a água será conduzida ao reservatório superior com auxílio de um conjunto elevatório (Figura 9) (CARVALHO JÚNIOR, 2014).



**Figura 9. Sistema de distribuição indireta com reservatório superior e conjunto elevatório**

Fonte: Carvalho Júnior (2014).

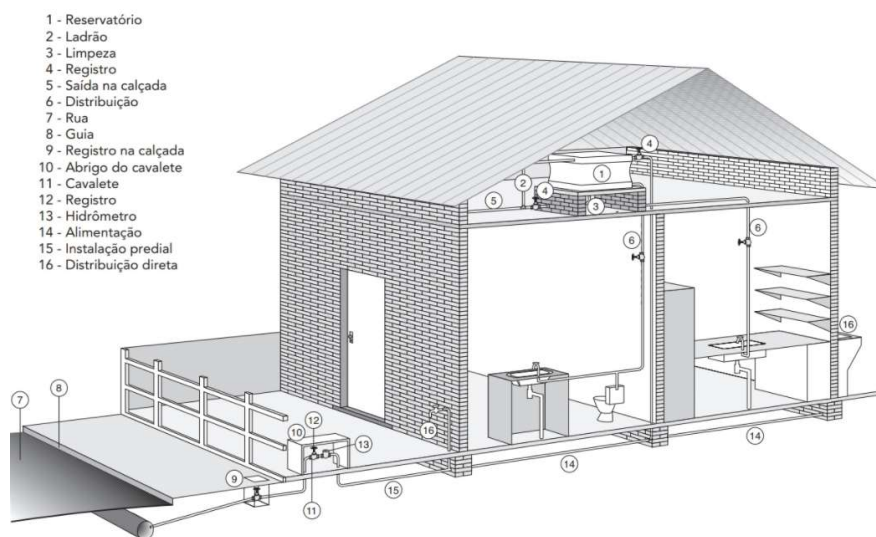
*Sistema indireto hidropneumático:* quando houver necessidade de pressões em pontos da rede que não puderem ser obtidas apenas por gravidade ou quando for impossibilitada a construção de um reservatório elevado (seja por razões técnicas ou econômicas), pode-se optar pela utilização de um sistema indireto hidropneumático, que consiste em alocar um equipamento de pressurização da água a partir do reservatório inferior (Figura 10) (CARVALHO JÚNIOR, 2014).



**Figura 10. Sistema de distribuição indireta hidropneumático**  
 Fonte: Carvalho Júnior (2014).

*Distribuição mista:* na prática muitas vezes é empregada uma solução mista, que associa os dois tipos de abastecimento citados. Nos sistemas mistos (Figura 11) algumas peças são alimentadas de forma direta pela rede pública, como torneiras externas, enquanto o restante do edifício tem distribuição indireta com utilização de reservatório superior (MACINTYRE, 2017).

Essa solução pode ser benéfica também em caso de edifícios de grande altura, no sentido de alimentar diretamente os andares inferiores, aproveitando a pressão da rede pública, e indiretamente apenas os pavimentos superiores, evitando a necessidade de válvulas redutoras de pressão (PEDROSO, 2016).



- 1 - Reservatório
- 2 - Ladrão
- 3 - Limpeza
- 4 - Registro
- 5 - Saída na calçada
- 6 - Distribuição
- 7 - Rua
- 8 - Guia
- 9 - Registro na calçada
- 10 - Abrigo do cavalete
- 11 - Cavalete
- 12 - Registro
- 13 - Hidrômetro
- 14 - Alimentação
- 15 - Instalação predial
- 16 - Distribuição direta

**Figura 11. Sistema de distribuição mista**

Fonte: Carvalho Júnior (2014).

### 2.2.2 Instalações de água quente

Para garantir o conforto do usuário a maioria das edificações necessita do aquecimento da água para fins como banhos, lavagens, cozimento e aquecimento. É necessário portanto aquecer a água recebida da rede pública até temperaturas adequadas a cada fim.

No Brasil, os sistemas de aquecimento de água podem ser divididos em dois tipos principais: individual e central. O aquecimento é individual quando alimenta um único aparelho, como chuveiros e torneiras elétricas. O aquecimento central por sua vez é constituído de um conjunto de aquecimento que é distribuído para os aparelhos através de uma tubagem específica apropriada para este fim (CARVALHO JÚNIOR, 2014).

De acordo com levantamento do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) 73,1% dos domicílios brasileiros utilizavam chuveiro elétrico para aquecimento de água, enquanto o uso de aquecimento central com gás estava presente em 5,9% e o aquecimento solar em apenas 0,4% (PROCEL, 2007).

Em contrapartida, é interessante notar que não se usam chuveiros e torneiras elétricas em Portugal, onde o aquecimento central de água é amplamente empregado, bem como o uso de energia solar para esse fim é largamente encorajado. Em Portugal, o Decreto-Lei n.º 118/2013, na redação atual, indica que a instalação de sistemas solares térmicos para aquecimento de água é obrigatória em edifícios novos com mais de 50 m<sup>2</sup> de área útil, configurando como edifícios novos todos aqueles com construção licenciada após a publicação de tal decreto.

Assim como para a água fria, o volume de água quente a ser consumida em um edifício depende de sua finalidade, bem como da temperatura da água distribuída e nível de conforto pretendido (MACINTYRE, 2017).

Os principais combustíveis utilizados para aquecimento da água são gás, carvão, lenha, eletricidade, e energia solar. A forma de produção também pode variar, sendo possível utilizar produção instantânea, ou de passagem, quando a água é aquecida e segue direto para os aparelhos em uso, ou com acumulação, de forma que a água fica acumulada em um reservatório, mais indicada para uso em grandes volumes (CARVALHO JÚNIOR, 2014).

Pedroso (2016) destaca que sistemas com acumulação apresentam vantagens como uma considerável redução da potência necessária de utilização, além de assegurar

melhor nível de conforto ao usuário através da disponibilização de um determinado volume de água a uma temperatura estabilizada.

Em razão da crescente preocupação com o meio ambiente formas de energia mais limpas vem sendo encorajadas e ganhando mercado. Aliando isso ao constante aumento do custo da eletricidade e gás, a energia solar vem sendo adotada cada vez mais para aquecimento da água (PEDROSO, 2016).

Um tipo de sistema muito utilizado para aquecimento de água, inclusive como sistema auxiliar ao solar, são as caldeiras a gás, dotadas de um circuito interno de circulação de água e regulação termostática de sua temperatura (PEDROSO, 2016). Este tipo de aparelho permite também a produção de água quente para fins de aquecimento central dos ambientes, situação incomum no Brasil, mas aplicada em Portugal e outros países mais frios.

Além das caldeiras podem ser usados termoacumuladores, tanto elétricos como a gás. Nos termoacumuladores elétricos a água é aquecida por resistências elétricas posicionadas no interior do reservatório e dotadas de proteção para evitar passagem de corrente elétrica para o sistema (PEDROSO, 2016).

Devido às temperaturas elevadas da água, as instalações de água quente devem ser de material adequado, de forma a evitar derretimento, deformações e rompimento dos tubos. Os mais empregados para esses sistemas são os tubos de cobre, de polipropileno random (PPR), de policloreto de vinilo clorado (PVC-C), e de polietileno reticulado (PEX) (CONTERATO, SPARTEL, SIMONATO, 2017).

O dimensionamento das instalações de água quente em geral segue as mesmas premissas da água fria, sendo alterada a viscosidade do líquido, o que resulta em menores perdas de carga. Também deve ser observado o cuidado com o superdimensionamento das tubagens para que não funcionem como reservatórios, resultando no resfriamento da água no caminho entre o aquecimento e os pontos de utilização (CONTERATO, SPARTEL, SIMONATO, 2017).

## 2.3 Sistemas Prediais de Drenagem de Águas Residuais

As instalações prediais de drenagem de esgoto sanitário são um conjunto de equipamentos destinados a coletar, agrupar, conduzir e afastar das edificações os despejos provenientes do uso adequado dos aparelhos sanitários. Esses sistemas devem conferir às águas residuais o destino apropriado, normalmente através do ramal de ligação que conecta ao coletor público (CARVALHO JÚNIOR, 2014).

De acordo com o Serviço Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), dados do ano de 2019 revelam que no Brasil 54,1% da população é atendida por redes coletoras de esgoto. Esses dados indicam que cerca de 100 milhões de brasileiros não tem acesso a esse serviço, precisando recorrer a alternativas como fossas ou mesmo despejando as águas residuais diretamente ao solo ou corpo d'água próximo.

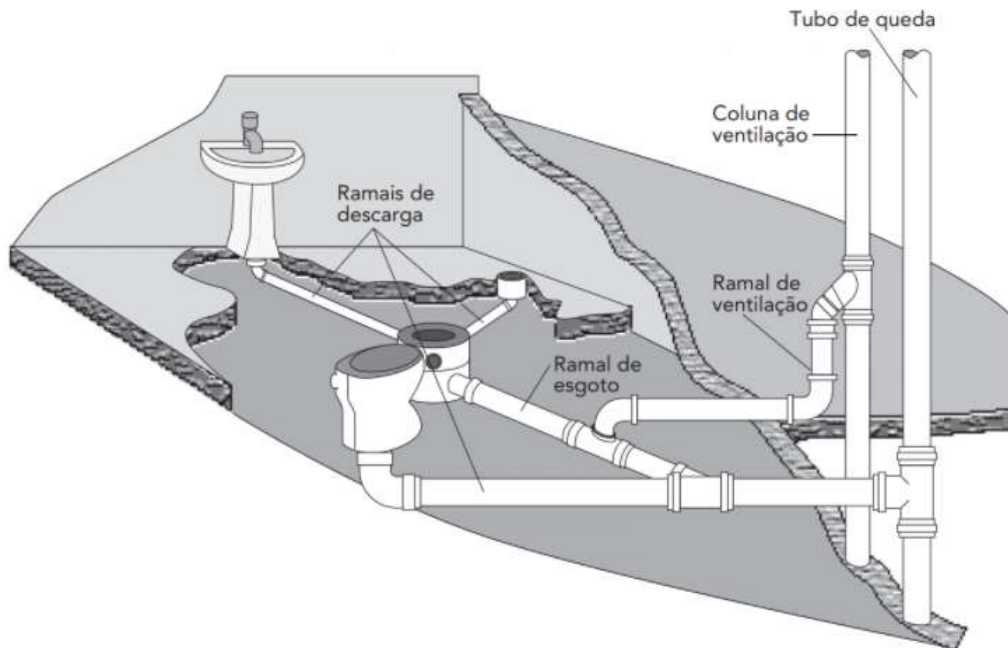
Em Portugal a Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR 2021), indica que 84% das residências no território continental contam com serviços de recolha e tratamento de águas residuais domésticas.

Os sistemas de drenagem de águas residuais são compostos pelos seguintes elementos, como descreve Pedroso (2016):

- Ramais de descarga: canalização que recebe diretamente os efluentes dos aparelhos sanitários;
- Desconectores (sifões): dispositivos dotados de fecho hídrico com propósito de impedir o retorno de gases no sentido oposto ao fluxo dos efluentes. Pode ser um sifão (quando atende a um aparelho único), ou uma caixa sifonada (quando atende a um conjunto de aparelhos);
- Ramais de esgoto: canalização que recebe as águas dos ramais de descarga e os transporta até o tubo de queda ou coletor predial;
- Ramais de ventilação: canalização destinada a assegurar o fecho hídrico nos sifões, quando tal não seja feito de outra forma;
- Tubo de queda: canalização destinada a aglutinar em si as descargas provenientes dos pisos mais elevados e transportá-las ao coletor predial, instalada na vertical, servindo também o propósito de ventilar a rede predial;
- Colunas de ventilação: canalizações destinadas a complementar a ventilação feita pelo tubo de queda;

- Coletores prediais: canalizações nas quais se unem as descargas dos tubos de queda e ramais de descarga dos pisos adjacentes, com objetivo de transportá-las a outro tubo de queda ou para o ramal de ligação;
- Ramal de ligação: canalização destinada a conduzir as águas residuais da rede predial até o coletor público.

A Figura 12 ilustra os principais elementos presentes em uma instalação de drenagem de águas residuais.



**Figura 12. Partes constituintes de uma instalação predial de águas residuais com ventilação secundária**

Fonte: Carvalho Júnior (2014).

A condução das águas residuais residenciais deve ser feita, sempre que possível, por ação da gravidade. Em casos que a recolha das águas residuais seja realizada em nível inferior ao arruamento em que está instalado o coletor público deve ser realizada elevação por meios mecânicos (PEDROSO, 2016).

O traçado das redes prediais de esgotamento sanitário deve ser realizado sempre com trechos retilíneos, conectados entre si por curvas de concordância, forquilhas, caixas de reunião ou câmaras de inspeção (PEDROSO, 2016).

Nas instalações de drenagem de águas residuais a ventilação tem um papel importante para garantir a troca de ar entre o interior das canalizações e a atmosfera, protegendo-as contra possíveis rupturas do fecho hídrico dos desconectores. Deste modo evita-se o retorno do mal cheiro e garantir o conforto do usuário (MACINTYRE, 2017).

Como referido em Pedroso (2016), os sistemas podem ter duas configurações principais: com ventilação primária ou ventilação secundária. A ventilação primária se dá pelo prolongamento dos tubos de queda até a atmosfera. Nos casos em que isso não é suficiente é utilizada ventilação secundária, na qual são empregadas colunas de ventilação, com ou sem ramais de ventilação, que se ligam aos ramais de descarga para complementar a ventilação do sistema.

Os projetos devem sempre levar em conta os níveis de conforto e qualidade para o usuário, atentando-se a fatores como ruídos e odores. Além disso deve-se garantir acessibilidade ao sistema, de forma a facilitar a identificação de anomalias, bem como manutenção e reparação das instalações (PEDROSO, 2016).

Na escolha dos materiais constituintes das tubagens e acessórios, além dos aspectos econômicos, devem ser considerados aspectos técnicos. A rugosidade do material influencia o dimensionamento por exemplo, e sua rigidez interfere nos ruídos gerados.

Em geral as tubagens termoplásticas são as mais empregadas nos sistemas prediais de águas residuais, sendo o policloreto de vinilo (PVC) o material mais utilizado, tanto em Portugal (PEDROSO, 2016), como no Brasil (CARVALHO JÚNIOR, 2014). Além deste são empregados o polietileno de alta densidade (PEAD) e o polipropileno (PP), mas devido a seu custo mais elevado seu uso é mais restrito.

Tubagens metálicas também podem ser utilizadas, apesar de serem menos frequentes, por razões econômicas. O metal mais empregado para este fim é o ferro fundido. É necessário tratamento com revestimentos que protejam o metal da oxidação (PEDROSO, 2016).

## 2.4 Sistemas Prediais de Drenagem de Águas Pluviais

Como refere Carvalho Júnior (2014), águas pluviais são aquelas que se originam das chuvas, e podem ser um dos elementos mais danosos para durabilidade e boa aparência das construções. As coberturas dos edifícios são as estruturas destinadas a proteger a edificação das águas de chuva, mas é necessário recolher e transportar a água interceptada pelas coberturas para um destino apropriado. Desta forma as instalações de drenagem de águas pluviais têm como objetivo garantir o escoamento apropriado delas, evitando alagamentos, erosão do solo, infiltrações.

O sistema de esgotamento de águas pluviais deve ser completamente separado do sistema de esgotamento sanitário. A destinação dessas águas também deve ser separada, sendo preferencialmente descarregadas nas redes públicas correspondentes.

Como a chuva se trata de um fenômeno meteorológico, o dimensionamento dos sistemas de drenagem de águas pluviais depende da localidade da edificação, mais especificamente da intensidade pluviométrica no local. Além disso, devido à incerteza perante esse fenômeno da natureza, utiliza-se como outro critério o período de retorno, que é o número médio de anos em que, para uma mesma duração de precipitação, uma determinada intensidade pluviométrica será igualada ou superada uma única vez. (CARVALHO JÚNIOR, 2014).

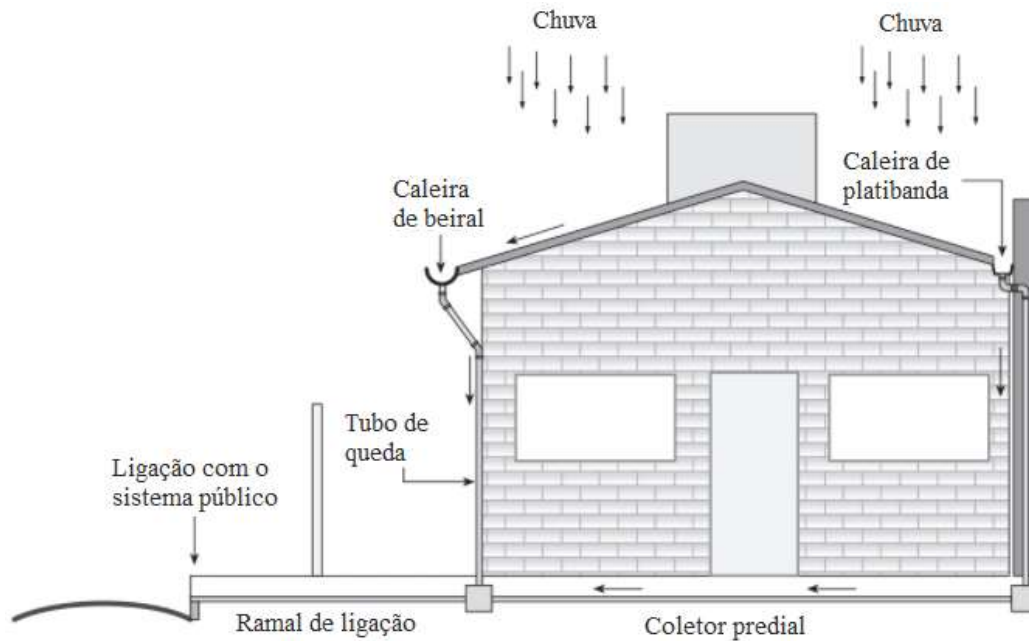
O tempo de retorno a ser utilizado é indicado por cada regulamentação, podendo variar de acordo com o tipo de obra, por exemplo para obras de grande importância onde empoçamentos não possam ser tolerados, o período de retorno utilizado deve ser maior.

Pedroso (2016) define a constituição dos sistemas de drenagem como:

- Calhas, ou caleiras: dispositivos destinados a recolher a água que escoar dos telhados e conduzi-las para ramais ou tubos de queda;
- Ramais de descarga: canalizações que conduzem as águas provenientes dos dispositivos de recolha para o tubo de queda ou coletor predial;
- Tubos de queda: canalização destinada a juntar as descargas provenientes das recolhas e destiná-las ao coletor predial;
- Coletores prediais: tubagem destinada a unir as descargas dos tubos de queda e ramais e transportá-las à câmara de ligação e depois ao ramal público;

- Ramal de ligação: tubagem que realiza a ligação do sistema predial com o sistema público.

A Figura 13 apresenta um esquema com os principais elementos do sistema de drenagem pluvial de uma edificação.



**Figura 13. Esquema do sistema predial de drenagem de águas pluviais**  
Fonte: Adaptado de Carvalho Júnior (2014).

# Capítulo 3.

## Regulamentações para dimensionamento

### 3.1 Regulamentação Portuguesa

Com o desenvolvimento das cidades e consequentes problemas sanitários gerados pela aglomeração de pessoas, começaram a ser formuladas legislações para organizar as edificações e suas relações com as vias públicas. Em Portugal, o primeiro regulamento relativo ao abastecimento de água foi publicado em 30 de outubro de 1880, o Regulamento para os Encanamentos Particulares, aplicado a Lisboa, resultado do trabalho conjunto da Câmara Municipal e da Companhia de Águas da cidade. Apesar de ser válido para a capital do país, este regulamento acabou sendo adotado por outras regiões devido à falta de uma normativa a nível nacional (SILVA, 2015).

Em 14 de fevereiro de 1903 foi publicado o Regulamento de Salubridade das Edificações Urbanas (RSEU), documento que estabelece medidas a serem adotadas para melhoria das condições de higiene nos edifícios (SILVA, 2015). Este regulamento já estabelecia a obrigatoriedade de sistemas separativos de drenagem de águas pluviais e águas servidas. Com base no RSEU, nas décadas seguintes, os municípios do país redigiram regulamentos próprios relativos ao saneamento.

Regulamentações a nível nacional tiveram um avanço na década de 1940, com a publicação da Portaria n.º 10:367 de 14 de abril de 1943 que estabelece o Regulamento Geral do Abastecimento de Água e a Portaria 11:338 de 8 de maio de 1946 que aprovou o Regulamento Geral das Canalizações de Esgotos. No entanto, devido a divergências normativas entre esses regulamentos e os regulamentos municipais prévios, a padronização não foi completa e algumas cidades mantiveram os regulamentos municipais (SILVA, 2015).

Em 1951 o RSEU foi revogado com a publicação do primeiro Regulamento Geral de Edificações Urbanas (RGEU), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 38382. Esse regulamento vigora até hoje em Portugal, e traz em seu capítulo IV obrigações acerca das instalações sanitárias e no capítulo V acerca do abastecimento de água potável.

Com a evolução das tecnologias de projeto e aprimoramento dos conceitos envolvidos, em 1994 foi criada uma Subcomissão de Revisão e Atualização dos Regulamentos Gerais de 1943 e 1946. A partir disso é publicado em 23 de agosto 1995 em Diário da República o Decreto Regulamentar n.º 23/95, o qual traz em anexo o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Drenagem de Águas Residuais (RGSPPDADAR).

Em vigor atualmente, o RGSPPDADAR é constituído de 7 títulos:

- Títulos I e II: Disposições gerais;
- Título III: Sistemas de distribuição predial de água;
- Título IV: Sistemas de drenagem pública de águas residuais;
- Título V: Sistemas de drenagem predial de águas residuais;
- Título VI: Estabelecimento e exploração de sistemas públicos;
- Título VII: Estabelecimento e exploração de sistemas prediais.

Sendo os Títulos III e V os que dizem respeito às instalações prediais, serão estes o foco deste trabalho.

### **3.1.1 Título III – Sistemas de distribuição predial de água**

No título III o RGSPPDADAR trata das instalações prediais de água potável, tanto fria como quente. O Regulamento determina como parâmetros de dimensionamento hidráulico destas instalações o caudal de cálculo, as velocidades (que devem ser limitadas entre 0,5 m/s e 2,0 m/s), a rugosidade do material das tubagens, e as pressões mínimas a serem garantidas.

No que tange ao traçado das redes o RGSPPDADAR determina que as canalizações devem ser constituídas de troços retos, horizontais e verticais, conectados por acessórios apropriados. Nos troços horizontais recomenda-se uma inclinação de 0,5% no sentido do escoamento, de modo a favorecer a circulação do ar, evitando bolhas. A distância mínima entre as canalizações de água quente e fria deve ser de 0,05 m, e as de água quente devem estar sempre que possível paralelas às de água fria, e nunca abaixo destas.

- **Determinação dos caudais de cálculo**

A determinação dos caudais de cálculo de abastecimento ( $Q_a$ ) nas redes prediais deve-se basear nos caudais mínimos atribuídos aos dispositivos de utilização, conforme apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4. Caudais mínimos nos dispositivos de utilização de acordo com o Decreto Regulamentar n.º 23/95**

Aparelho sanitário	Caudais mínimos [L/s]
Lavatório individual	0,10
Lavatório coletivo (por unidade)	0,05
Bidé	0,10
Banheira	0,25
Chuveiro individual	0,15
Pia de despejo com torneira de $\phi$ 15 mm	0,15
Autoclismo de bacia de retrete	0,10
Mictório com torneira individual	0,15
Pia lava-louça	0,20
Bebedouro	0,10
Máquina de lavar-louça	0,15
Maquina de lavar-roupa	0,20
Bacia de retrete com fluxômetro	1,50
Mictório com fluxômetro	0,50
Boca de rega ou lavagem (DN15)	0,30
Boca de rega ou lavagem (DN20)	0,45

Fonte: Decreto Regulamentar n.º 23/95 (1995).

No que concerne aos coeficientes de simultaneidade ( $x$ ), o RGSPPDADAR os define como a relação entre o caudal simultâneo máximo previsível, ou seja, o caudal de cálculo, e o caudal acumulado, que é a soma de todos os dispositivos de utilização alimentados através dessa secção, como mostra a equação (1).

$$Q_a = x \times Q_{acum} \quad (1)$$

Onde

$Q_a$  Caudal de cálculo de abastecimento;

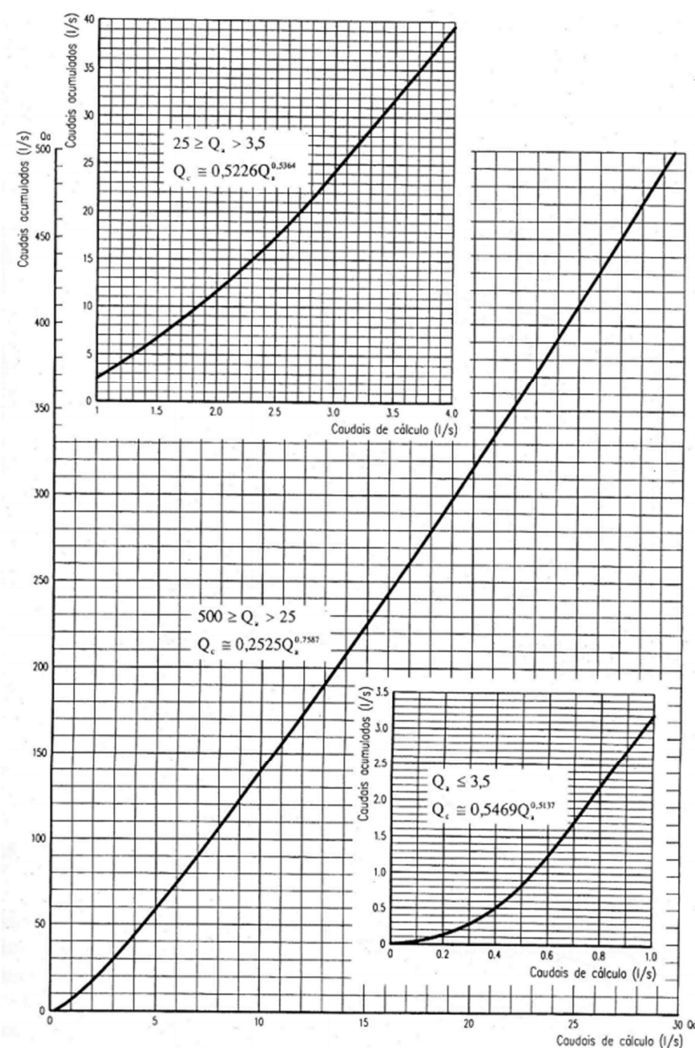
$x$  Coeficiente de simultaneidade;

$Q_{acum}$  Caudal acumulado, na mesma unidade de medida do caudal de cálculo.

O coeficiente de simultaneidade ( $x$ ) pode ser calculado pela equação (2), onde  $N$  corresponde ao número de dispositivos considerados, devendo a equação ser aplicada em casos de  $N > 2$ .

$$x = \frac{1}{\sqrt{N - 1}} \quad (2)$$

Outro método para consideração das simultaneidades é apresentado no Regulamento através da utilização do ábaco da Figura 14 para determinação do caudal de cálculo, no qual o coeficiente de simultaneidade é traduzido na consideração de um nível médio de conforto.



**Figura 14. Caudais de cálculo ( $Q_a$ ) em função dos caudais acumulados ( $Q_{acum}$ ) para um nível médio de conforto de acordo com o Decreto Regulamentar n.º 23/95**

Fonte: Decreto Regulamentar n.º 23/95 (1995); Pedroso (2016).

- **Velocidades máximas e mínimas de escoamento**

A velocidade do escoamento deve ser inicialmente arbitrada e por um procedimento iterativo determinado seu valor real, atentando-se aos valores limite impostos pelo RGSPDADAR, entre 0,5 m/s e 2,0 m/s. Conforme Pedroso (2016), a velocidade é limitada por razões de conforto e durabilidade das tubagens, visto que são as velocidades elevadas as responsáveis pela maioria dos ruídos nas canalizações, bem como a produção de vibrações.

- **Dimensionamento das tubagens**

Determinados os caudais de cálculo, é possível dimensionar as canalizações com emprego da equação (3).

$$D_{int} = \sqrt{\frac{4 \times Q_a}{\pi \times v}} \quad (3)$$

Onde:

- $D_{int}$  Diâmetro interno da tubagem, em (m);  
 $v$  Velocidade de escoamento, em (m/s);  
 $Q_a$  Caudal de cálculo de abastecimento, em (m<sup>3</sup>/s).

- **Verificação das pressões e perdas de carga no sistema**

Outro parâmetro imposto pelo Regulamento Português que deve ser verificado na altura do dimensionamento é em relação às pressões de serviço nos dispositivos de utilização. No artigo 87º o Regulamento impõe que estas pressões devem situar-se entre 50 kPa e 600 kPa, no entanto é recomendada a adoção de valores mais restritos, entre 150 kPa e 300 kPa, de forma que seja majorado o conforto do usuário e a durabilidade dos materiais.

O cálculo das pressões ao longo dos troços da rede deve ser realizado com o emprego da Equação de Bernoulli (4).

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + h_f \quad (4)$$

Onde:

- $v$  Velocidade de escoamento no ponto, em (m/s);  
 $p$  Pressão no ponto, em (N/m<sup>3</sup>);

- $\gamma$  Peso específico da água, igual a 9810 (N/m<sup>3</sup>);  
 $z$  Cota do ponto, em (m);  
 $h_f$  Perda de carga entre os pontos 1 e 2, dada em (m).

O RGSPDADAR não especifica qual expressão matemática deve ser usada para determinação das perdas de carga ao longo das tubagens. Pedroso (2016) recomenda o uso da expressão de Darcy e Weisbach (5), válida para qualquer líquido, ou a expressão de Flamant (6).

$$J = f \times \frac{v^2}{D_{int} \times 2g} \quad (5)$$

Onde:

- $J$  Perda de carga unitária em (m/m);  
 $f$  Fator de atrito;  
 $v$  Velocidade de escoamento (m/s);  
 $D_{int}$  Diâmetro interno da tubagem (m);  
 $g$  Aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>).

$$J = 4b \times v^{7/4} \times D_{int}^{-5/4} \quad (6)$$

Onde:

- $v$  Velocidade de escoamento, dada em (m/s);  
 $D_{int}$  Diâmetro interno da tubagem, em (m);  
 $b$  Fator caracterizador a rugosidade do material da tubagem (tabelado).

Além das perdas de carga ao longo da tubagem devem ser consideradas as perdas de carga localizadas, provocadas pelas singularidades existentes, como joelhos, válvulas etc. Pedroso (2016) indica que um incremento de 20% às perdas de carga lineares é um valor que traduz satisfatoriamente as perdas geradas nas singularidades sem exigir cálculos mais detalhados. Para casos em que se verifique influência significativa das singularidades o mesmo autor recomenda uso do Método dos Comprimentos Equivalentes segundo o qual cada singularidade provoca uma perda de carga igual à produzida por um determinado comprimento de tubagem com o mesmo diâmetro.

- **Sistemas elevatórios e sobressoras**

Em relação às instalações elevatórias o RGSPDADAR apenas define que são conjuntos de equipamentos destinados a elevar, por meios mecânicos, a água armazenada em reservatórios. Por sua vez instalações sobressoras são conjuntos de equipamentos destinados a aumentar a pressão disponibilizada pela rede pública quando ela for insuficiente para garantir funcionamento adequado do sistema.

O RGSPDADAR, no entanto, não apresenta recomendações mais específicas nem critérios de dimensionamento destes sistemas.

Pedroso (2016) apresenta a equação (7) para determinação da potência da bomba (P) no dimensionamento dos sistemas elevatórios.

$$P = \frac{\gamma \times Q_b \times H}{\eta} \quad (7)$$

Onde:

- P Potência da bomba, em (W);  
 $\gamma$  Peso específico do fluido, em (N/m<sup>3</sup>);  
 $Q_b$  Caudal a ser bombeado, em (m<sup>3</sup>/s);  
H Altura manométrica, em (m);  
 $\eta$  Rendimento da bomba.

A altura manométrica representa o ganho de pressão dado ao fluido na sua passagem pela bomba, calculada seguindo a equação (8).

$$H = Z + \Delta H_c \quad (8)$$

Onde:

- Z Desnível geométrico entre a saída da bomba e a saída da tubagem de compressão em (m);  
 $\Delta H_c$  Perda de carga ao longo da tubagem de compressão, em (m).

Deve-se considerar no dimensionamento também o rendimento da bomba, que traduz a relação entre a potencia consumida e a do motor. O rendimento terá valores sempre inferiores à unidade.

- **Elementos acessórios da rede**

O Regulamento Português define como válvulas os órgãos instalados nas redes com finalidade de:

- Impedir a passagem de água em qualquer um dos sentidos (válvula de seccionamento);
- Impedir a passagem de água em um dos sentidos (válvulas de retenção);
- Manter a pressão abaixo de determinado valor com introdução de uma perda de carga (válvulas redutoras de pressão);
- Permitir a regulação do caudal (Válvula de regulação).

É definido pelo RGSPDADAR como obrigatório o uso de válvulas de seccionamento à entrada dos ramais de introdução individuais, dos ramais de distribuição das instalações sanitárias e das cozinhas, e a montante de bacias sanitárias, bem como do equipamento de produção de água quente.

Também é obrigatório haver válvulas de seccionamento a jusante e montante do contador. Quando a pressão na rede ultrapassar 600 kPa deve-se instalar válvulas redutoras de pressão.

- **Reservatórios de água potável**

Em relação aos reservatórios de água potável, o Regulamento Português permite apenas que se armazene água para fins alimentares em casos devidamente autorizados pela entidade gestora. Isso deve ocorrer apenas em casos nos quais não se possa garantir fornecimento por parte do sistema público que assegure o bom funcionamento do sistema em termos de pressão e caudal.

- **Rede de água quente**

As temperaturas da água quente não devem exceder os 60°C em sua distribuição de acordo com o RGSPDADAR. Devido a estas altas temperaturas estas canalizações devem ser isoladas com produtos adequados.

### **3.1.2 Título V – Sistemas de drenagem predial de águas residuais domésticas**

O título V do RGSPDADAR trata dos sistemas prediais de águas residuais domésticas e pluviais. O regulamento impõe obrigatoriedade de separação entre os sistemas para esses dois tipos de águas.

- **Determinação dos caudais de descarga e de cálculo**

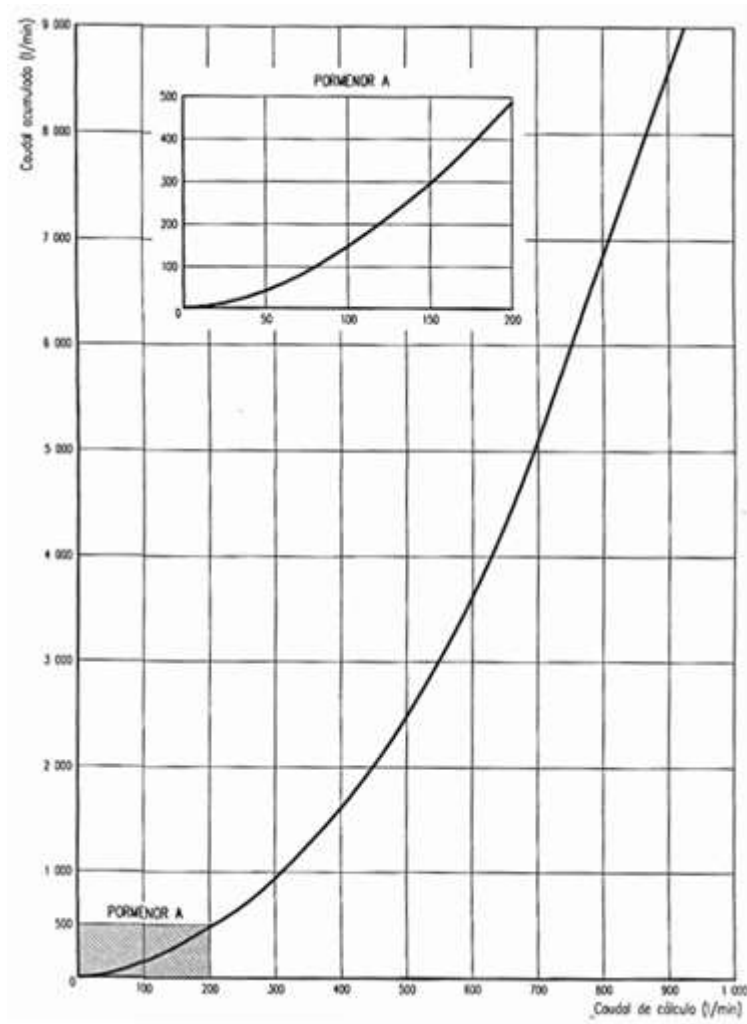
O RGSPDADAR indica que os caudais de descarga a serem considerados para os aparelhos sanitários devem estar de acordo com o fim específico a que se destinam, devendo, no entanto, estar de acordo com os valores mínimos apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5. Caudais de descarga e características geométricas de ramais de descarga e sifões para aparelhos sanitários mais correntes de acordo com o Decreto Regulamentar n.º 23/95**

Aparelho sanitário	Caudal de descarga [L/min]	Ramal de descarga [mm]	Sifão	
			Diâmetro mínimo [mm]	Fecho hídrico [mm]
Bacia de retrete	90	90	-	
Banheira	60	40	30	
Bidé	30	40	30	
Chuveiro	30	40	30	
Lavatório	30	40	30	
Máquina de lavar-louça	60	50	40	50
Maquina de lavar-roupa	60	50	40	
Urinol de espaldar	90	75	60	
Urinol suspenso	60	50	-	
Pia lava-louça	30	50	40	
Tanque de lavar roupa	60	50	30	

Fonte: Decreto Regulamentar n.º 23/95 (1995).

Para os ramais de descarga individuais podem ser aplicados os valores de diâmetro mínimos apresentados na Tabela 5. Para os ramais não individuais, tubos de queda, coletores e subcoletores é necessária a determinação do caudal de cálculo de águas residuais ( $Q_r$ ), levando em consideração a possibilidade do funcionamento não simultâneo de todos os aparelhos presentes na edificação. Desta forma é empregado um coeficiente de simultaneidade ( $x$ ), que relaciona o caudal de cálculo ao caudal acumulado no trecho ( $Q_{acum}$ ). O regulamento apresenta um ábaco para determinação deste coeficiente, como apresentado na Figura 15.



**Figura 15. Caudais de cálculo ( $Q_r$ ) de águas residuais domésticas em função dos caudais acumulados ( $Q_{acum}$ ) de acordo com o Decreto Regulamentar n.º 23/95**

Fonte: Decreto Regulamentar n.º 23/95 (1995); Pedroso (2016).

Para a região identificada como Pormenor A na Figura 15, Pedroso (2016) apresenta a equação (9) que traduz a relação entre o caudal de cálculo ( $Q_r$ ) e o acumulado ( $Q_{acum}$ ).

$$Q_r = 7,3497 \times Q_{acum}^{0,5352} \quad (9)$$

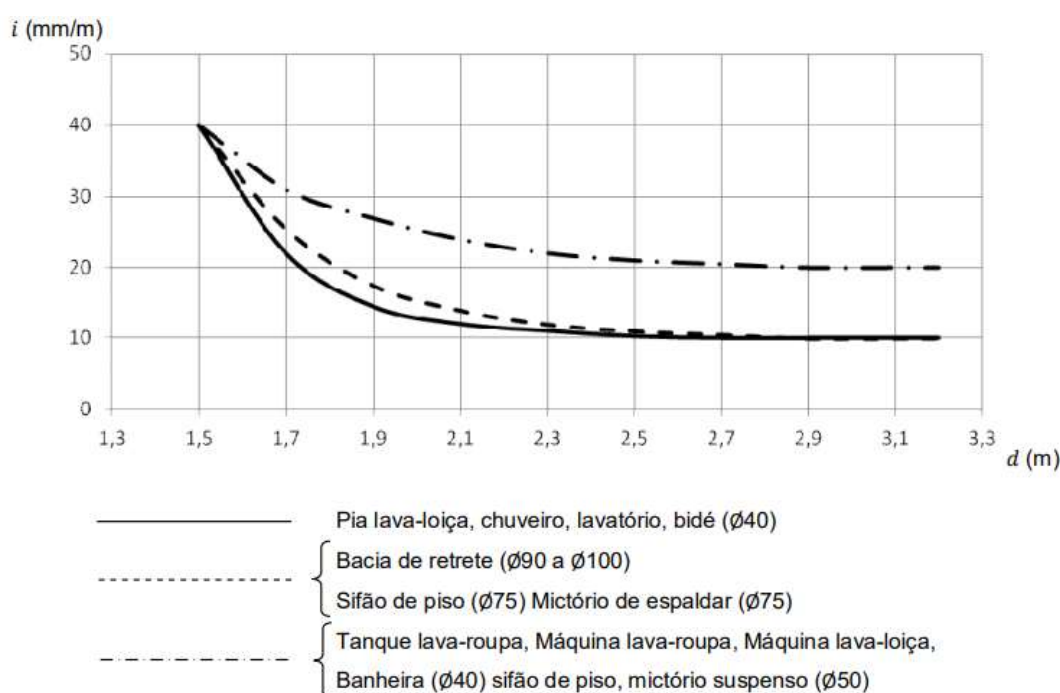
- **Dimensionamento dos ramais de descarga**

No dimensionamento hidráulico dos ramais de descarga de águas residuais domésticas, o RGSPDADAR indica que devem ser considerados os caudais de cálculo determinados previamente; uma inclinação que deve se situar entre 10 e 40 mm/m (equivalente a 1 a 4%); a rugosidade do material; e o risco de perda do fecho hídrico.

Deve-se levar em conta também que o diâmetro nominal de um ramal de descarga nunca deve ser menor que 40 mm ou que o do seu antecessor.

Outro requisito do RGSPDADAR é que o traçado dos ramais de descarga deve ser feito por troços retilíneos, conectados por curvas de concordância ou caixas de reunião. O troço vertical de um ramal de descarga nunca deve exceder 2 m de altura.

Se respeitadas as distâncias máximas entre o sifão e a seção ventilada indicadas no ábaco da Figura 16 o Regulamento permite que o dimensionamento seja realizado para escoamento a seção cheia para ramais individuais. Caso contrário deve-se dimensionar os ramais de descarga para escoamento a meia seção.



**Figura 16. Distâncias máximas ( $d$ ) entre os sifões e as seções ventiladas para escoamento seção cheia de acordo com a inclinação ( $i$ ) da tubagem**

Fonte: Decreto Regulamentar n.º 23 (1995); Pedroso (2016).

O dimensionamento dos ramais é então realizado empregando-se a Equação de Manning-Strickler (10).

$$Q_r = K_s \times A \times R_h^{2/3} \times i^{1/2} \quad (10)$$

A partir da equação (10) obtém-se a equação (11) para dimensionamento dos ramais não individuais com escoamento a seção cheia, conforme Pedroso (2016).

$$D_{int} = \frac{Q_r^{3/8}}{0,6459 \times K_s^{3/8} \times i^{3/16}} \quad (11)$$

Onde:

$K_s$  Constante de rugosidade, igual a  $120 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$  para tubagens de PVC;

$i$  Inclinação da tubagem, em (m/m).

De forma análoga, caso seja dimensionado a meia-seção emprega-se a equação (12).

$$D_{int} = \frac{Q_r^{3/8}}{0,4980 \times K_s^{3/8} \times i^{3/16}} \quad (12)$$

- **Capacidade de autolimpeza das tubulações**

Pedroso (2016) indica que convém verificar a capacidade de autolimpeza das tubagens. Isso ocorre pois em casos em que a água a ser drenada contenha elevados teores de gordura pode ocorrer incrustações de modo a prejudicar o escoamento. O autor indica que a tensão de arrastamento, calculada pela equação (13) deve ser superior a 2,45 Pa para que se dê o escoamento de forma satisfatória.

$$\tau = \gamma \times R_h \times i \quad (13)$$

Onde:

$\tau$  Tensão de arrastamento, em (Pa);

$\gamma$  Peso específico das águas residuais, em (N/m<sup>3</sup>);

$R_h$  Raio hidráulico, em (m);

$i$  Inclinação da tubagem.

Sendo assim determina-se que a velocidade de escoamento não deve ser inferior a 0,6 m/s para águas residuais sem ou com baixos teores de gorduras, e inferior a 1,2 m/s para águas com significativos teores de gorduras.

- **Sistema de ventilação**

Além dos valores a serem verificados na Figura 16, a distância do sifão a ventilar com o ramal de ventilação não deve ser superior a duas vezes o diâmetro deste ramal. No dimensionamento dos ramais de ventilação o RGSPDADAR determina que o diâmetro deles não seja inferior a dois terços do diâmetro do respectivo ramal de descarga. A

ligação dos ramais de ventilação com a coluna de ventilação não pode ser feita menos de 0,15 m acima do nível superior do aparelho sanitário mais elevado ventilado por esse ramal, e a ligação deve ser feita por troços com inclinação mínima de 2%.

As colunas de ventilação nunca devem ter sua seção reduzida no sentido ascendente. O dimensionamento das colunas de ventilação deve ser realizado com uso da equação (14), disponibilizada pelo RGSPPDADAR.

$$D_v = 0,390 \times L_v^{0,187} \times D_{r,TQ} \quad (14)$$

Onde:

$D_v$  Diâmetro da coluna de ventilação, em (mm);

$L_v$  Altura da coluna de ventilação, em (m);

$D_{r,TQ}$  Diâmetro do tubo de queda de águas residuais, em (mm).

- **Dimensionamento dos tubos de queda de águas residuais**

No dimensionamento dos tubos de queda devem ser considerados a soma dos caudais de cálculo dos ramais que se ligam a ele, e a taxa de ocupação permitida em cada caso. O diâmetro nominal do tubo de queda nunca deve ser menor que 50 mm, e não deve variar ao longo de toda sua extensão.

O RGSPPDADAR determina que em tubos de queda com altura superior a 35 m e caudal de cálculo maior que 700 L/min deve ser instalada coluna de ventilação. Em sistemas com ventilação secundária a taxa de ocupação (parcela da seção transversal do tubo ocupada pelo fluido) não deve exceder o valor de um terço, e em sistemas apenas com ventilação primária a taxa deve obedecer aos valores apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6. Taxas de ocupação de tubos de queda sem ventilação secundária segundo o Decreto Regulamentar n.º 23/95**

Diâmetro do tubo de queda [mm]	Taxa de ocupação
$D_{r,TQ} = 50$	Um terço
$50 < D_{r,TQ} < 75$	Um quarto
$75 < D_{r,TQ} < 100$	Um quinto
$100 < D_{r,TQ} < 125$	Um sexto
$D_{r,TQ} > 125$	Um sétimo

Fonte: Decreto Regulamentar n.º 23 (1995).

Para determinação da taxa de ocupação a ser empregada, Pedroso (2016) apresenta a equação que demonstra uma relação experimental a ser usada como pré-dimensionamento.

$$Q_r \leq 2,5 \times D_{r,TQ} \quad (15)$$

Onde:

$Q_r$  Caudal de águas residuais, em (L/min);

$D_{r,TQ}$  Diâmetro do tubo de queda, em (mm).

Para determinar o diâmetro do tubo de queda ( $D_q$ ) o Regulamento traz a equação (16), em função do caudal no tubo e da taxa de ocupação ( $t_s$ ) definida pelo pré-dimensionamento.

$$D_{r,TQ} = 4,4205 \times Q_r^{3/8} \times t_s^{-5/8} \quad (16)$$

Onde:

$D_{r,TQ}$  Diâmetro do tubo de queda, em (mm);

$Q_r$  Caudal de águas residuais, em (L/min);

$t_s$  Taxa de ocupação do tubo, adimensional.

As aberturas dos tubos de queda para o exterior devem obedecer a alguns critérios impostos pelo Regulamento, como:

- Localizar-se a 0,5 m acima da cobertura da edificação; ou 2 m se for terraço;
- Exceder pelo menos 0,2 m o capelo da chaminé se estiver a menos de 0,5 m da abertura dela;
- Elevar-se pelo menos 1,0 m acima das vergas de qualquer porta ou janela quando localizadas a menos de 4,0 m delas.

#### • Dimensionamento dos coletores prediais

As águas provenientes dos tubos de queda e ramais de esgoto devem descarregar nos coletores prediais, que as conduzirão para o ramal de ligação. Portanto, o caudal de cálculo dos coletores deve basear-se nos caudais de descarga que nele descarregam, bem como nos coeficientes de simultaneidade já citados.

A inclinação dos coletores deve situar-se entre 10 mm e 40 mm/m, seu dimensionamento deve ser feito para um escoamento a meia seção e o diâmetro mínimo deve ser de 100 mm ou superior ao maior diâmetro das canalizações ligadas a ele.

- **Câmaras de inspeção e de retenção de gordura**

Para garantir acesso ao sistema para manutenção e limpeza os coletores enterrados devem dispor de câmaras de inspeção em seu início, mudanças de direção, de inclinação, de diâmetro e nas confluências. A distância máxima entre duas câmaras deve ser de 15 m.

As câmaras retentoras de gorduras têm por finalidade separar, por flutuação, as matérias leves. Seu uso se dá caso as águas residuais sejam susceptíveis a produzir obstruções e incrustações nas canalizações, como no caso das águas com gordura provenientes de cozinhas. A obrigatoriedade destas câmaras, no entanto, não é explicitada pelo RGSPDADAR, sendo possível não aplicar as câmaras em casos que se verifique a tensão de arrastamento que garante a autolimpeza das tubagens.

O Regulamento português descreve que as câmaras devem ser dimensionadas de modo a terem volume e área de superfície livre adequados ao caudal afluyente e ao teor de gorduras, sem maiores especificações. Também está na Norma que não é permitido ligação de bacias de retrete e urinóis em tais caixas e que elas devem localizar-se tão próximas quanto possível do local produtor dos afluentes, e em local acessível para limpeza quando necessário.

- **Instalação de recalque de águas residuais**

Para as instalações elevatórias de águas residuais e pluviais o RGSPDADAR indica que devem ser instaladas em locais de fácil acesso para inspeção e manutenção, e para minimizar efeitos dos ruídos, vibrações e cheiros. O Regulamento também exige a instalação de grupo eletrobomba com instalação de no mínimo dois dispositivos idênticos.

Deve-se atentar que o nível máximo da superfície livre no interior da câmara de bombagem não deve ultrapassar a cota de soleira mais baixa da canalização afluyente, e que o caudal a ser elevado deve considerar uma margem acima do caudal afluyente que garanta a segurança adequada das instalações. Pedroso (2016) indica que tal margem seja considerada de 20% do caudal afluyente.

É recomendado que diâmetro interior mínimo das condutas elevatórias não seja inferior de 100 mm, com velocidade mínima de escoamento de 0,70 m/s.

### 3.1.3 Título V – Sistemas de drenagem predial de águas residuais pluviais

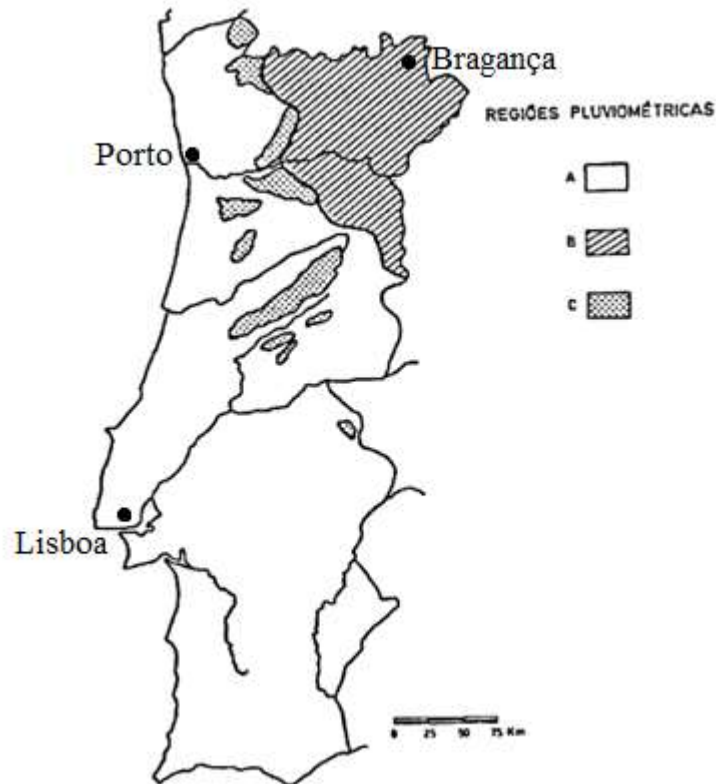
Além de impor a separação entre os sistemas de drenagem de águas residuais e pluviais, o RGSPDADAR elenca situações pontuais nas quais pode-se lançar água no sistema de água pluvial, entre elas:

- Água proveniente de rega de jardins, lavagem de pátios e parques de estacionamento;
  - Circuitos de refrigeração e instalações de aquecimento;
  - Piscinas e depósitos de armazenamento de água;
  - Drenagem do subsolo.
- 
- **Determinação dos caudais de projeto**

O dimensionamento dos sistemas de drenagem de águas pluviais deve basear-se em caudais de cálculo determinados a partir das áreas a drenar em projeção horizontal; no coeficiente de escoamento; e na precipitação.

No que se refere à precipitação, o tempo de retorno deve ser considerado igual ou maior que cinco anos, para uma duração de precipitação de cinco minutos. Na determinação da precipitação a adotar deve-se recorrer às curvas IDF (intensidade, duração, frequência) do local onde será implantado o projeto.

Em casos que não seja considerado indispensável uma análise estatística aprofundada, ou na ausência de dados para determinada região em específico, o RGSPDADAR apresenta como alternativa uma separação do território de Portugal em três regiões pluviométricas A, B e C, conforme Figura 17.



**Figura 17. Regiões pluviométricas de Portugal**

Fonte: Decreto Regulamentar n.º 23 (1995); Pedroso (2016).

De acordo com a região em que se encontra a edificação são definidos os parâmetros a serem utilizados, sendo a intensidade de precipitação traduzida pela equação.

$$I = a \times t^b \quad (17)$$

Onde:

- I Intensidade de precipitação, em (mm/h);
- t Duração da precipitação, em (min) (deve ser igual a 5 min);
- a,b Constantes dependentes do período de retorno.

Os valores dos parâmetros “a” e “b” dependem da região pluviométrica do mapa da Figura 17 e são apresentados na Tabela 7.

**Tabela 7. Valores dos parâmetros *a* e *b***

Período de retorno [anos]	Região pluviométrica					
	A		B		C	
	a	b	a	b	a	b
5	259,26	-0,562	207,41	-0,562	311,11	-0,562
10	290,68	-0,549	232,21	-0,549	348,82	-0,549
20	317,74	-0,538	254,19	-0,538	381,29	-0,538
50	349,54	-0,524	279,63	-0,524	419,45	-0,524
100	365,62	-0,508	292,60	-0,508	438,75	-0,508

Fonte: Decreto Regulamentar n.º 23/95 (1995).

Uma vez determinada a intensidade da precipitação, segue-se à determinação do caudal de cálculo pela expressão.

$$Q_p = C \times I \times A_{cont} \quad (18)$$

Onde:

- $Q_p$  Caudal de cálculo de águas pluviais, em (L/min);
- C Coeficiente de escoamento;
- I Intensidade de precipitação, em (mm/h);
- $A_{cont}$  Área de contribuição, em projeção horizontal, em (m<sup>2</sup>).

O coeficiente de escoamento é considerado unitário para coberturas inclinadas, terrações e áreas em geral que possam ser consideradas impermeáveis, (PEDROSO, 2016).

- **Dimensionamento das caleiras**

As águas pluviais provenientes dos telhados serão recolhidas e conduzidas para os ramais de descarga e tubos de queda através dos algerozes e caleiras, cujos caudais de cálculo devem ser obtidos de acordo com a área a drenar. O cálculo é realizado com emprego da equação de Manning-Strickler (10), e deve ter-se atenção à altura da lâmina d'água, que não deve exceder 0,7 da altura da seção transversal do elemento, conforme Decreto Regulamentar n.º. 23/95 (1995).

- **Dimensionamento dos ramais de descarga de águas pluviais**

O RGSPDADAR determina que o dimensionamento hidráulico dos ramais de descarga de águas pluviais deve considerar os caudais de cálculo, as inclinações, sempre superiores a 5 mm/m, e a rugosidade do material. Este dimensionamento pode ser realizado para escoamento a seção cheia.

O diâmetro nominal mínimo para os ramais de descarga é de 40 mm, e, assim como no caso das águas residuais domésticas, o diâmetro de um ramal de descarga de águas pluviais não pode diminuir no sentido do escoamento.

- **Dimensionamento dos tubos de queda de águas pluviais**

Os tubos de queda de águas pluviais devem estar localizados preferencialmente à vista na face externa do edifício, ou em galerias verticais acessíveis. O dimensionamento desses tubos de queda é realizado com auxílio da equação (19).

$$Q_p = \left( \alpha + \beta \times \frac{H_{TQ}}{D_{p,TQ}} \right) \times \pi \times D_{p,TQ} \times H_{TQ} \times \sqrt{2 \times g \times H_{TQ}} \quad (19)$$

Com:

$$\alpha = \begin{cases} 0,453 & \text{– entrada de caudal no tubo de queda com aresta viva;} \\ 0,578 & \text{– entrada conica no tubo de queda.} \end{cases}$$

$$\beta = 0,350.$$

Onde:

$Q_p$  Caudal de cálculo de águas pluviais, (m<sup>3</sup>/s);

$H_{TQ}$  Carga no tubo de queda (m);

$D_{p,TQ}$  Diâmetro do tubo de queda de águas pluviais, em (m);

$g$  Aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>).

- **Dimensionamento dos coletores prediais de águas pluviais**

Os coletores prediais de águas pluviais podem ser dimensionados para escoamento a seção cheia, e a inclinação deve ser superior a 5 mm/m. Assim como para águas residuais, o coletor de águas pluviais deve ter diâmetro mínimo de 100 mm.

## 3.2 Regulamentação Europeia

Sendo Portugal membro do Comité Europeu de Normalização (CEN) são aplicadas no país as Normas Europeias preparadas pelo órgão com participação de peritos dos países membros (atualmente 34), para uniformizar e padronizar os dimensionamentos e requisitos para as diferentes áreas de aplicação (SILVA-AFONSO, 2007b).

Cada país membro é representado no CEN por seu organismo nacional de normalização, sendo este o Instituto Português da Qualidade (IPQ) no caso de Portugal.

Após a publicação das Normas Europeias foram estabelecidas datas limites para sua entrada em vigor e revogação das normas nacionais. No entanto, sem uma legislação Portuguesa atualizada em concordância com as Normas Europeias, o Decreto Regulamentar n.º 23 de 1995 continua vigente, apesar das divergências que ocorrem.

A elaboração de uma legislação Portuguesa consoante às Normas Europeias é uma preocupação desde a publicação destas, tendo sido constituída com esse objetivo a Comissão Técnica CTA 1201, pela ANQIP (Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Predial), que é a associação do setor em Portugal (SILVA-AFONSO, 2013).

### 3.2.1 EN 806-3:2006 – Especificações técnicas relativas às instalações de água para consumo humano no interior de edifícios

No que concerne ao dimensionamento de redes prediais de água fria e quente a Norma Europeia relativa é a EN 806 - “Especificações técnicas relativas às instalações de água para consumo humano no interior de edifícios”.

A EN 806 é dividida em 5 partes, sendo elas:

- Parte 1: Generalidades;
- Parte 2: Conceção;
- Parte 3: Dimensionamento – Método simplificado;
- Parte 4: Instalação;
- Parte 5: Exploração e manutenção.

A EN 806 foi publicada inicialmente em outubro de 1996, constituía de 77 páginas e apresentava diferentes métodos de cálculo usados em diferentes países, mas foi posteriormente adaptada e apresentada em nova versão em 2006, quando foi implementada em Portugal (SÁ, 2012).

A Norma Europeia apresenta como objetivos do projeto de instalações de água potável a prevenção de perdas e uso indevido da água, de velocidades excessivas ou taxas de caudal insuficiente, minimização de ruídos e facilitar acesso e manutenção das redes, entre outros.

Sá (2012) cita que na revisão da Norma foi proposta a implementação de um método único, elaborado por especialistas da Suíça, o qual se baseia em unidades de carga, identificadas pela sigla em inglês LU (loading units). Estas unidades de carga (LU) são utilizadas para determinação do caudal de cálculo, onde cada LU corresponde a 0,1 L/s.

- **Determinação do caudal de cálculo**

A determinação do caudal de cálculo é feita pela soma dos caudais mínimos atribuídos a cada aparelho presente no projeto, de acordo com os valores apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8. Caudais instantâneos ( $Q_{inst}$ ), caudais mínimos ( $Q_{min}$ ), e unidades de carga (LU) de acordo com a EN 806-3**

Aparelho sanitário	$Q_{inst}$ [L/s]	$Q_{min}$ [L/s]	Unidades de carga [LU]
Lavatório individual	0,10	0,10	1
Bidé	0,10	0,10	1
Banheira	0,80	0,80	8
Válvula de banheira	0,40	0,30	4
Chuveiro individual	0,20	0,15	2
Autoclismo de bacia de retrete	0,10	0,10	1
Mictório com fluxômetro	0,30	0,15	3
Pia lava-louça	0,20	0,15	2
Máquina de lavar-louça	0,20	0,15	2
Maquina de lavar-roupa	0,20	0,15	2
Torneira de jardim	0,50	0,40	5
Pia de cozinha comercial (DN20)	0,80	0,80	8
Válvula DN20	1,50	1,00	15

Fonte: EN 806-3 (2006) apud ANQIP (2007).

Vale ressaltar que alguns dos caudais atribuídos pela Norma Europeia diferem dos apresentados no Regulamento Português, como por exemplo o valor para banheiras e para

os fluxómetros de mictórios. De acordo com Silva-Afonso (2007a), em ambos os casos os valores dispostos na EN 806-3 se parecem mais adequados aos dispositivos disponíveis no mercado.

- **Dimensionamento das tubagens**

A EN 806-3 propõe um método simplificado que se vale dos valores das unidades de carga para determinação dos diâmetros das tubagens. A Norma apresenta uma série de tabelas para dimensionamento das tubagens em diferentes materiais, nomeadamente: aço galvanizado; cobre; stainless steel; PEX; PB; PPR (como apresentado na Tabela 9) e PVC-C. Para materiais não listados, a Norma Europeia indica o uso da tabela do material mais similar ao que será utilizado.

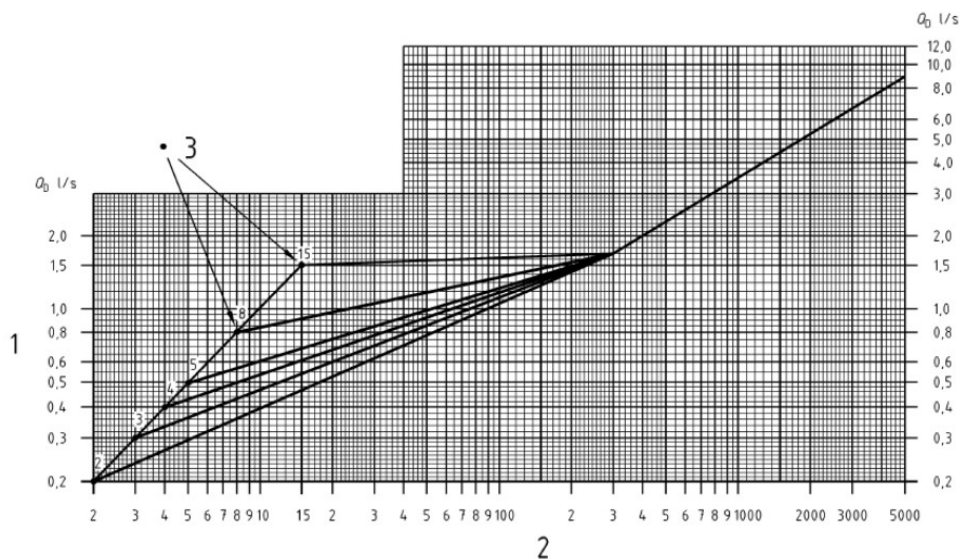
**Tabela 9. Unidades de carga para determinação dos diâmetros em tubagens de PPR segundo a EN 806-3:2006**

Máxima carga [LU]	Maior valor [LU]	DN [mm]	Dint [mm]	Espessura [mm]	Comprimento máximo tubagem [m]
1					20
2	2	16	10,6	2,7	12
3					8
3					15
4	4	20	13,2	3,4	9
6					7
13	5	25	16,6	4,2	-
30	8	32	21,2	5,4	-
70	-	40	26,6	6,7	-
200	-	50	33,2	8,4	-
540	-	63	42	10,5	-
970	-	75	50	12,5	-

Fonte: EN 806-3 (2006) apud ANQIP (2007).

Para emprego da Tabela 9 o projetista deve apenas somar as unidades de carga dos aparelhos a montante de determinado troço e verificar o diâmetro apropriado. A probabilidade de uso simultâneo é levada em consideração na coluna que indica o maior valor de unidade de carga entre os aparelhos que contribuem para esse troço, que deve ser verificado. Afim de minimizar as influências das perdas de carga, a Norma também impõe limitações de comprimento para as tubagens com DN 20 e DN 16.

Apesar de não ser necessária a determinação do caudal de cálculo para o método simplificado, ele pode ser obtido para determinada seção com auxílio do ábaco apresentado na Figura 18 e presente no Anexo B da EN 806-3.



**Figura 18. Ábaco para determinação do caudal de cálculo ( $Q_c$ ), em (L/s) segundo a EN 806-3**

Fonte: EN 806-3 (2006) apud ANQIP (2007).

A ordenada do gráfico, indicada pelo número 1, corresponde ao caudal de cálculo em L/s, que se busca obter. A abscissa do ábaco, assinalada pelo número 2, representa o caudal total ( $Q_t$ ) na seção, ou seja, a soma das unidades de carga a jusante dela. As curvas representadas pelo número 3 indicam os valores de LU individual, devendo ser utilizado o mais elevado entre os dispositivos instalados a jusante do ponto.

Para título de exemplificação, se em determinado troço o somatório das unidades de carga dos dispositivos a jusante é igual a 50 LU, e o caudal de projeto máximo entre esses dispositivos é de 8 LU (uma banheira por exemplo), então de acordo com o ábaco da Figura 18, o caudal de projeto correspondente será de 1,2 L/s.

A determinação do caudal de cálculo não é necessária para determinação dos diâmetros pelo método simplificado, mas é relevante para verificação dos limites de velocidades e pressões que são impostos pela Regulamentação Europeia.

- **Velocidades máximas e mínimas de escoamento**

A velocidade de escoamento é um parâmetro que deve ser considerado para o dimensionamento correto das tubagens. A EN 806-3 determina a velocidade máxima de

2,0 m/s para ramais principais e prumadas, e de 4,0 m/s para ramais de conexão a dispositivos.

No entanto, esta Norma Europeia aponta que regulamentações nacionais podem requerer valores mais baixos, como é o caso do Regulamento Português, que aceita velocidades de até 2,0 m/s para todas as canalizações. Interessante notar também que a EN 806-3 não apresenta indicação de velocidade mínima, ao contrário do RGSPDADAR que determina um valor mínimo de 0,5 m/s.

- **Verificação de pressões e perdas de carga no sistema**

A EN 806-3 limita a pressão estática nos dispositivos de utilização a 500 kPa, exceto para torneiras de serviço em jardins, onde a pressão pode atingir 1000 kPa. O limite inferior de pressão nos dispositivos é fixado em 100 kPa.

Esses parâmetros de pressão diferem dos apresentados no Decreto Regulamentar n.º 23/95, o qual permite pressões estáticas dos dispositivos entre 50 e 600 kPa. Essa diferença pode trazer impactos, por exemplo na utilização de dispositivos importados produzidos de acordo com os parâmetros da Norma Europeia, podendo não ter funcionamento adequado a pressões mais elevadas como permitidas pelo Regulamento Português (SILVA-AFONSO, 2007a).

Outro potencial transtorno causado pela discordância entre as normas está na possibilidade de um sistema dimensionado conforme a EN 806-3 ser incompatível com a pressão disponível nos sistemas públicos de abastecimento portugueses, causando um funcionamento incorreto.

O método simplificado de dimensionamento apresentado pela EN 806-3 não discorre sobre o método de cálculo para determinação das perdas de carga no sistema e decorrente determinação das pressões. Para tanto, a Norma Europeia se restringe a indicar em seu item 5.3 que cálculos detalhados devem seguir métodos aprovados pelas regulamentações nacionais. Portanto, será considerado neste trabalho o mesmo método aplicado para o RGSPDADAR.

- **Reservatórios de água potável**

As recomendações acerca dos reservatórios são apresentadas na Parte 4 da EN 806, que trata das instalações dos sistemas de abastecimento de água. A Norma

recomenda que as saídas dos reservatórios devem ser sempre no fundo deles, para evitar retenção de sedimentos.

São apresentadas recomendações para dois tipos de reservatórios, de concreto ou termoplásticos. Nos reservatórios termoplásticos uma atenção especial é dada aos métodos de corte para inserir os canos, devendo o corte ser feito por serra copo ou similar, nunca por cortadores de chama.

A Norma Europeia não apresenta, assim como o Regulamento Português, nenhuma recomendação quanto ao dimensionamento dos reservatórios, quanto ao tempo de enchimento e retenção da água, sendo isso uma particularidade da Norma Brasileira.

- **Rede de água quente**

Relativamente às instalações de água quente, a EN 806-2 indica que as tubagens deste sistema devem ser feitas de material capaz de suportar temperaturas até 95° C. Da possibilidade de temperaturas acima de 95° C devem ser tomadas medidas de prevenção ao risco de explosão da rede, como válvulas de redução de temperatura.

A temperatura da água após 30 segundos da abertura do registro do aparelho sanitário em uso não deve exceder 25° C para a água fria, e deve ser superior a 60° C para sistemas de aquecimento central, exceto se especificado diferente por regulamentações locais ou nacionais. A EN 806-2 ainda recomenda que os sistemas sejam capazes de atingir temperaturas até 70° C para fins de desinfecção.

A Norma Europeia estabelece que as torneiras de água quente devem estar localizadas à esquerda das de água fria, e quando as canalizações de água quente e fria estiverem paralelas uma acima da outra a de água quente deve estar localizada acima da de água fria.

### **3.2.2 EN 12056:2000 – Sistemas de drenagens de águas residuais no interior de edifícios, Parte 2: Tubulação sanitária, traçado e cálculo**

O método de cálculo apresentado pela Norma Europeia é aplicável para todos os sistemas de drenagem de águas residuais domésticas, excetuando-se, portanto, efluentes comerciais, industriais e drenagem de piscinas por exemplo.

A EN 12056-2:2000 separa os sistemas de drenagem de águas residuais em 4 categorias, nomeadamente:

- Sistema I Tubo de queda único com ramais de descarga com escoamento a meia seção;
- Sistema II Tubo de queda único com ramais de descarga com escoamento a 70% da seção;
- Sistema III Tubo de queda único com ramais de descarga com escoamento a seção cheia;
- Sistema IV Tubo de queda separado, com divisão do Sistema entre águas negras (das bacias de retrete e mictórios) e águas cinzas dos demais aparelhos.

- **Determinação das unidades de descarga e caudais de cálculo**

O tipo de sistema adotado irá influenciar no dimensionamento, a começar pelos valores das unidades de descarga (UD) relacionadas a cada aparelho sanitário a serem utilizados nos cálculos, como apresentado na Tabela 10.

**Tabela 10. Unidades de descarga (UD) de acordo com a EN 12056-2**

Aparelho sanitário	Sistema I	Sistema II	Sistema III	Sistema IV
	UD [L/s]	UD [L/s]	UD [L/s]	UD [L/s]
Bidé	0,5	0,3	0,3	0,3
Lavatório	0,5	0,3	0,3	0,3
Chuveiro com plug	0,8	0,5	1,3	0,5
Chuveiro sem plug	0,6	0,4	0,4	0,4
Urinol com válvula de descarga	0,5	0,3	-	0,3
Mictório de calha (por pessoa)	0,2	0,2	0,2	0,2
Banheira	0,8	0,6	1,3	0,5
Pia de cozinha	0,8	0,6	1,3	0,5
Máquina lava louças	0,8	0,6	0,2	0,5
Máquina lava roupas até 6 kg	0,8	0,6	0,6	0,5
Máquina lava roupas até 12 kg	1,5	1,2	1,2	1,0
Bacia de retrete com cisterna 4,0 L	*	1,8	*	*
Bacia de retrete com cisterna 6,0 L	2,0	1,8	1,2 a 1,7**	2,0
Bacia de retrete com cisterna 7,5 L	2,0	1,8	1,4 a 1,8**	2,0
Bacia de retrete com cisterna 9,0 L	2,5	2,0	1,6 a 2,0**	2,5
Ralo de piso DN 50	0,8	0,9	-	0,6
Ralo de piso DN 70	1,5	0,9	-	1,0
Ralo de piso DN 100	2,0	1,2	-	1,3
	*	Não permitido		
	**	Depende do tipo		
	-	Não empregado ou sem dados		

Fonte: EN 12056-2 (2000) apud ANQIP (2007).

Uma vez determinadas as unidades de descarga dos aparelhos sanitários, é calculado em L/s o caudal de águas residuais ( $Q_r$ ) no trecho em que determinados aparelhos estão conectados. Para tanto utiliza-se a equação (20).

$$Q_r = K \times \sqrt{\sum UD} \quad (20)$$

Onde K é o fator de frequência, dado na Tabela 11 e  $\sum UD$  é o somatório das unidades de descarga dos aparelhos a montante do trecho.

**Tabela 11. Fatores de frequência (K) típicos**

Uso dos aparelhos	Exemplos de aplicação	K
Uso intermitente	Habitações, escritórios	0,5
Uso frequente	Hospitais, escolas, restaurantes, hotéis	0,7
Uso congestionado	Banheiros abertos ao público	1,0
Uso especial	Laboratórios	1,2

Fonte: EN 12056-2 (2000) apud ANQIP (2007).

O caudal total ( $Q_t$ ) é o caudal de projeto em um trecho ou no total do sistema onde aparelhos sanitários, aparelhos de uso contínuo ou bombas de águas residuais estão conectadas ao sistema. Caudais contínuos ( $Q_{cont}$ ) ou de bombagens ( $Q_b$ ) devem ser adicionados ao caudal de águas residuais domésticas previamente calculada, sem reduções, conforme determina a equação (21), onde todos os caudais se dão em L/s.

$$Q_t = Q_r + Q_{cont} + Q_b \quad (21)$$

A Norma Europeia ainda traz como regra de cálculo que a capacidade da tubagem ( $Q_{máx}$ ) deve ser maior que o caudal de águas residuais e o caudal total calculados, ou que o caudal do aparelho com maior UD (como apresentado na Tabela 10).

- **Dimensionamento dos ramais de descarga**

A EN 12056-2:2000 traz alguns requisitos e limitações que devem ser cumpridos no momento do dimensionamento das redes prediais de águas residuais. No caso de uso de ramais de descarga não ventilados devem ser cumpridos os diâmetros mínimos apresentados na Tabela 12 para os sistemas dos tipos I, II e IV.

**Tabela 12. Caudal máximo ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) e diâmetro nominal (DN) dos ramais de descarga não ventilados segundo a EN 12056-2**

$Q_{m\acute{a}x}$ [L/s]	Sistema I DN	Sistema II DN	Sistema IV DN
0,40	*	30	30
0,50	40	40	40
0,80	50	*	*
1,00	60	50	50
1,50	70	60	60
2,00	80**	70**	70**
2,25	90***	80****	80****
2,50	100	90	100
*	Não permitido		
**	Sem bacia de retrete		
***	Não mais que duas bacias de retrete e mudança total de direção menor que 90°		
****	Não mais que uma bacia de retrete		

Fonte: EN 12056-2 (2000) apud ANQIP (2007).

A EN 12056-2 traz também limitações para os ramais não ventilados em relação ao comprimento do ramal, inclinação, número de curvas permitidas e altura máxima do desnível. Essas informações são apresentadas na Tabela 13.

**Tabela 13. Limitações para ramais não ventilados segundo a EN 12056-2**

Limitações	Sistema I	Sistema II	Sistema IV
Máximo comprimento (L) do tubo	4,0 m	10,0 m	10,0 m
Máximo número de curvas 90°	3	1	3
Altura máxima do trecho vertical (H) (inclinação igual ou superior a 45°)	1,0 m	6,0 m DN > 70 3,0 m DN = 70	1,0 m
Inclinação mínima	1%	1,50%	1%

Fonte: EN 12056-2 (2000) apud ANQIP (2007).

Para sistemas do tipo III os requisitos são diferenciados, conforme apresentados na Tabela 14.

**Tabela 14. Limitações para ramais não ventilados do sistema III segundo a EN 12056-2**

Aparelho sanitário	DN	Altura mín. fecho hídrico [mm]	Distância máx. entre sifão e tubo de queda [m]	Inclinação [%]	N.º máx. de curvas [N.º]	Altura máx. trecho vertical [m]
Lavatório, bidê (sifão de 30mm)	30	75	1,7	2,2	0	0,0
Lavatório, bidê (sifão de 30mm)	30	75	1,1	4,4	0	0,0
Lavatório, bidê (sifão de 30mm)	30	75	0,7	8,7	0	0,0
Lavatório, bidê (sifão de 30mm)	40	75	3,0	1,8 a 4,4	2	0,0
Chuveiro, banheira	40	50	Sem limite	1,8 a 9,0	Sem limite	1,5
Mictório de parede	40	75	3,0	1,8 a 9,0	Sem limite	1,5
Mictório transversal	50	75	3,0	1,8 a 9,0	Sem limite	1,5
Mictório contínuo	60	50	3,0	1,8 a 9,0	Sem limite	1,5
Pia de cozinha (sifão de 40 mm)	40	75	Sem limite	1,8 a 9,0	Sem limite	1,5
Máquina lava-louças ou máquina de lavar roupas	40	75	3,0	1,8 a 4,4	Sem limite	1,5
WC com saída < 80mm	75	50	Sem limite	1,8 mín	Sem limite	1,5
WC com saída > 80mm	100	50	Sem limite	1,8 mín	Sem limite	1,5
Ralo de piso	50	50	Sem limite	1,8 mín	Sem limite	1,5
Ralo de piso	70	50	Sem limite	1,8 mín	Sem limite	1,5
Ralo de piso	100	50	Sem limite	1,8 mín	Sem limite	1,5

Fonte: EN 12056-2 (2000) apud ANQIP (2007).

Caso não seja possível atender os requisitos apresentados nas tabelas anteriores, os ramais de descarga devem ser ventilados. Neste cenário, a Tabela 15 apresenta os diâmetros nominais mínimos que a Norma requer para os ramais de descarga ventilados e dos seus respectivos ramais de ventilação para os sistemas dos tipos I, II e IV.

**Tabela 15. Caudal máximo ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) e diâmetro nominal (DN) dos ramais de descarga ventilados e respectivos ramais de ventilação segundo a EN 12056-2**

Q <sub>máx</sub> [L/s]	Sistema I	Sistema II	Sistema IV
	DN	DN	DN
	Ramal/Vent	Ramal/Vent	Ramal/Vent
0,60	*	30/30	30/30
0,75	50/40	40/30	40/30
1,50	60/40	50/30	50/30
2,25	70/50	60/30	60/30
3,00	80/50**	70/40**	70/40**
3,40	90/60***	80/40****	80/40****
3,75	100/60	90/50	90/50
*	Não permitido		
**	Sem bacia de retrete		
***	Não mais que duas bacias de retrete e mudança total de direção menor que 90°		
****	Não mais que uma bacia de retrete		

Fonte: EN 12056-2 (2000) apud ANQIP (2007).

Da mesma forma que para os ramais não ventilados, existem limitações para os ramais ventilados que devem ser respeitadas, como indicadas na Tabela 16.

**Tabela 16. Limitações para ramais ventilados segundo a EN 12056-2**

Limitações	Sistema I	Sistema II	Sistema IV
Máximo comprimento (L) do tubo	10,0 m	Sem limite	10,0 m
Máximo número de curvas 90°	Sem limite	Sem limite	Sem limite
Altura máxima do trecho vertical (H) (inclinação igual ou superior a 45°)	3,0 m	3,0 m	3,0 m
Inclinação mínima	0,5%	1,50%	0,5%

Fonte: EN 12056-2 (2000) apud ANQIP (2007).

Para sistemas do tipo III as limitações são apresentadas na Tabela 17.

**Tabela 17. Limitações para ramais ventilados do sistema III segundo a EN 12056-2**

Aparelho sanitário	DN	Altura mín. fecho hídrico [mm]	Distância máx. entre sifão e tubo de queda [m]	Inclinação [%]	N.º máximo de curvas [N.º]	Altura máx. do trecho vertical [m]
Lavatório, bidê (sifão de 30mm)	30	75	3,0	1,8	2	3,0
Lavatório, bidê (sifão de 30mm)	40	75	3,0	1,8	Sem limite	3,0

Aparelho sanitário	DN	Altura mín. fecho hídrico [mm]	Distância máx. entre sifão e tubo de queda [m]	Inclinação [%]	N.º máximo de curvas [N.º]	Altura máx. do troço vertical [m]
Chuveiro, banheira	40	50	Sem limite	1,8	Sem limite	Sem limite
Mictório de parede	40	75	3,0	1,8	Sem limite	3,0
Mictório transversal	50	75	3,0	1,8	Sem limite	3,0
Mictório contínuo	60	50	3,0	1,8	Sem limite	3,0
Pia de cozinha (sifão de 40 mm)	40	75	Sem limite	1,8	Sem limite	Sem limite
Máquina lava-louças ou máquina de lavar roupas	40	75	Sem limite	1,8	Sem limite	Sem limite
WC com saída < 80mm	75	50	Sem limite	1,8	Sem limite	1,5
WC com saída > 80mm	100	50	Sem limite	1,8	Sem limite	1,5
Ralo de piso	50	50	Sem limite	1,8	Sem limite	Sem limite
Ralo de piso	70	50	Sem limite	1,8	Sem limite	Sem limite
Ralo de piso	100	50	Sem limite	1,8	Sem limite	Sem limite

Fonte: EN 12056-2 (2000) apud ANQIP (2007).

- **Dimensionamento dos tubos de queda de águas residuais**

No dimensionamento dos tubos de queda a EN 12056-2:2000 não faz distinção dos sistemas em quatro categorias como apresentado anteriormente, separando-os apenas entre os tubos de queda com ligações em arestas vivas e aqueles com ligações suavizadas. De acordo com este critério e a capacidade hidráulica requerida, os diâmetros nominais mínimos são apresentados na Tabela 18, relativa a tubos de queda sem ventilação secundária, e na Tabela 19 relativa a tubos de queda com ventilação secundária.

**Tabela 18. Caudal máximo ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) e diâmetro nominal (DN) dos tubos de queda sem ventilação secundária segundo a EN 12056-2**

Tubo de queda  DN	Sistemas I, II, III, IV $Q_{m\acute{a}x}$ [L/s]	
	Ligações em aresta viva	Ligações suavizadas
60	0,5	0,7
70	1,5	2,0
80*	2,0	2,6
90	2,7	3,5
100**	4,0	5,2
125	5,8	7,6
150	9,5	12,4
200	16,0	21,0
*	Diâmetro mínimo quando há ligação das bacias de retrete no sistema II	
**	Diâmetro mínimo quando há ligação das bacias de retrete nos sistemas I, III e IV	

Fonte: EN 12056-2 (2000) apud ANQIP (2007).

**Tabela 19. Caudal máximo ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) e diâmetro nominal (DN) dos tubos de queda com ventilação secundária segundo a EN 12056-2**

Coluna de ventilação  DN	Tubo de queda  DN	Sistemas I, II, III, IV $Q_{m\acute{a}x}$ [L/s]	
		Ligações em aresta viva	Ligações suavizadas
50	60	0,7	0,9
50	70	2,0	2,6
50	80*	2,6	3,4
50	90	3,5	4,6
50	100**	5,6	7,3
70	125	7,6	10,0
80	150	12,4	18,3
100	200	21,0	27,3
*	Diâmetro mínimo quando há ligação das bacias de retrete no sistema II		
**	Diâmetro mínimo quando há ligação das bacias de retrete no sistema I, III e IV		

Fonte: EN 12056-2 (2000) apud ANQIP (2007).

• **Dimensionamento dos coletores prediais**

A EN 12056-2 determina que o dimensionamento dos coletores prediais pode ser realizado com uso de qualquer equação hidráulica estabelecida, com apoio de tabelas ou ábacos se necessário. A equação de Colebrook-White (28) é recomendada pela Norma, que apresenta em anexo tabelas que relacionam valores de caudais máximos ( $Q_{máx}$ ) e velocidades de escoamento ( $v$ ) em função dos diâmetros nominais e inclinações.

Os valores apresentados na Norma são calculados considerando rugosidade da tubulação  $k = 1,0 \text{ mm}$ , viscosidade da água limpa  $\nu = 1,31 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  e altura da linha d'água a 50% da seção, na Tabela 20, e linha d'água a 70% da seção, na Tabela 21.

**Tabela 20. Caudal máximo ( $Q_{máx}$ ) dos coletores prediais e respectivas velocidades ( $v$ ) de escoamento para escoamento a 50% da seção segundo a EN 12056-2**

Incl. i cm/m	DN 100		DN 125		DN 150		DN 200		DN 225		DN 250		DN 300	
	$Q_{máx}$ L/s	$v$ m/s	$Q_{máx}$ L/s	$v$ m/s	$Q_{máx}$ L/s	$v$ m/s	$Q_{máx}$ L/s	$v$ m/s	$Q_{máx}$ L/s	$v$ m/s	$Q_{máx}$ L/s	$v$ m/s	$Q_{máx}$ L/s	$v$ m/s
0,5	1,8	0,5	2,5	0,5	5,4	0,6	10,0	0,8	15,9	0,8	18,9	0,9	34,1	1,0
1,0	2,5	0,7	4,1	0,8	7,7	0,9	14,2	1,1	22,5	1,2	26,9	1,2	48,3	1,4
1,5	3,1	0,8	5,0	1,0	9,4	1,1	17,4	1,3	27,6	1,5	32,9	1,5	59,2	1,8
2,0	3,5	1,0	5,7	1,1	10,9	1,3	20,1	1,5	31,9	1,7	28,1	1,8	68,4	2,0
2,5	4,0	1,1	6,4	1,2	12,2	1,5	22,5	1,7	25,7	1,9	42,6	2,0	76,6	2,3
3,0	4,4	1,2	7,1	1,4	13,3	1,6	24,7	1,9	38,9	2,1	46,7	2,2	83,9	2,5
3,5	4,7	1,3	7,6	1,5	14,4	1,7	26,6	2,0	42,3	2,2	50,4	2,3	90,7	2,7
4,0	5,0	1,4	8,2	1,6	15,4	1,8	28,5	2,1	45,2	2,4	53,9	2,5	96,9	2,9
4,5	5,3	1,5	8,7	1,7	16,3	2,0	30,2	2,3	48,0	2,5	57,2	2,7	102,8	3,1
5,0	5,6	1,6	9,1	1,8	17,2	2,1	31,9	2,4	50,6	2,7	60,3	2,8	108,4	3,2

Fonte: EN 12056-2 (2000) apud ANQIP (2007).

**Tabela 21. Caudal máximo ( $Q_{máx}$ ) dos coletores prediais e respectivas velocidades ( $v$ ) de escoamento para escoamento a 70% da seção segundo a EN 12056-2**

Incl. i cm/m	DN 100		DN 125		DN 150		DN 200		DN 225		DN 250		DN 300	
	$Q_{máx}$ L/s	$v$ m/s	$Q_{máx}$ L/s	$v$ m/s	$Q_{máx}$ L/s	$v$ m/s	$Q_{máx}$ L/s	$v$ m/s	$Q_{máx}$ L/s	$v$ m/s	$Q_{máx}$ L/s	$v$ m/s	$Q_{máx}$ L/s	$v$ m/s
0,5	2,9	0,5	4,8	0,6	9,0	0,7	16,7	0,8	26,5	0,9	31,6	1,0	56,8	1,1
1,0	4,2	0,8	6,8	0,9	12,8	1,0	23,7	1,2	37,6	1,3	44,9	1,4	80,6	1,6
1,5	5,1	1,0	8,3	1,1	15,7	1,3	29,1	1,5	46,2	1,6	55,0	1,7	98,8	2,0
2,0	5,9	1,1	9,6	1,2	18,2	1,5	33,6	1,7	53,3	1,9	63,6	2,0	114,2	2,3
2,5	6,7	1,2	10,8	1,4	20,3	1,6	37,6	1,9	59,7	2,1	71,1	2,2	127,7	2,6
3,0	7,3	1,3	11,8	1,5	22,3	1,8	41,2	2,1	65,4	2,3	77,9	2,4	140,0	2,8
3,5	7,9	1,5	12,8	1,6	24,1	1,9	44,5	2,2	70,6	2,5	84,2	2,6	151,2	3,0
4,0	8,4	1,6	13,7	1,8	25,8	2,1	47,6	2,4	75,5	2,7	90,0	2,8	161,7	3,2

Incl. i cm/m	DN 100		DN 125		DN 150		DN 200		DN 225		DN 250		DN 300	
	Q <sub>máx</sub> L/s	v m/s	Q <sub>máx</sub> L/s	v m/s	Q <sub>máx</sub> L/s	v m/s	Q <sub>máx</sub> L/s	v m/s	Q <sub>máx</sub> L/s	v m/s	Q <sub>máx</sub> L/s	v m/s	Q <sub>máx</sub> L/s	v m/s
4,5	8,9	1,7	14,5	1,9	27,3	2,2	50,5	2,5	80,1	2,8	95,5	3,0	171,5	3,4
5,0	9,4	1,7	15,3	2,0	28,8	2,3	53,3	2,7	84,5	3,0	100,7	3,1	180,8	3,6

Fonte: EN 12056-2 (2000) apud ANQIP (2007).

Em relação ao conforto do usuário a EN 12056-2 não apresenta valores limites para ruídos, indicando que devem ser respeitadas as regulamentações nacionais.

### 3.2.3 EN 12056:2000 – Sistemas de drenagens de águas residuais no interior de edifícios, Parte 3: Drenagem de telhados, traçado e cálculo

Em sua Parte 3 a Norma Europeia 12056:2000 trata dos sistemas de drenagem de telhados, descrevendo um método de cálculo e regras para traçado e instalação destes sistemas.

- **Determinação dos caudais de projeto**

O primeiro parâmetro a ser determinado para dimensionamento é o caudal de cálculo de águas pluviais ( $Q_p$ ) de acordo com a chuva ser drenada nos telhados, obtido pela equação (22).

$$Q_p = I \times A_{ef} \times C \quad (22)$$

Onde:

I Intensidade pluviométrica, em [L/(s.m<sup>2</sup>)];

$A_{ef}$  Área efetiva do telhado, em (m<sup>2</sup>);

C Coeficiente de escoamento adimensional, que deve ser considerado igual a 1,0, exceto quando regulamentos locais indiquem o contrário.

A intensidade pluviométrica a ser empregada deve ser obtida conforme dados estatísticos específicos do local do projeto, escolhidos levando em consideração a natureza e uso do edifício. Em casos que não há dados disponíveis deve ser usada uma intensidade pluviométrica mínima para o dimensionamento, escolhida de acordo com o clima do local. Nesse caso, a intensidade deve ser multiplicada ainda por um fator de

risco, como apresentado na Tabela 22, exceto em casos em que a regulamentação local traga indicações diferentes.

**Tabela 22. Fatores de risco segundo a EN 12056-3**

Situação	Fator de risco
Caleiras de beiral	1,0
Caleiras de beiral onde o transborde causaria particular inconveniência, como na entrada de edifícios públicos	1,5
Caleiras não de beiral e em outras circunstâncias onde chuva forte ou bloqueio da drenagem do telhado causaria transborde dentro do edifício	2,0
Caleiras não de beiral em edifícios onde é necessário excepcional grau de proteção, como: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ hospitais;</li> <li>▪ instalações de comunicação críticas;</li> <li>▪ armazéns de substâncias que se tornam tóxicas ou inflamáveis quando molhadas;</li> <li>▪ edifícios que abrigam obras de arte.</li> </ul>	3,0

Fonte: EN 12056-3 (2000).

A norma europeia indica que a área a ser considerada é a área efetiva de telhado, sem compensações para efeitos do vento, exceto em casos nos quais regulamentações locais indiquem o contrário.

• **Dimensionamento das caleiras**

As caleiras podem ser instaladas com ou sem inclinação, sendo considerada pela EN 12056-3 uma caleira inclinada aquela com gradiente maior que 3 mm/m. A capacidade das caleiras em nível, sejam elas semicirculares, retangulares ou trapezoidais é calculada pela equação (23).

$$Q_L = 0,9 \times Q_N \quad (23)$$

Onde:

$Q_L$  Capacidade da caleira, em (L/s);

$Q_N$  Capacidade nominal da caleira, em (L/s).

Para as caleiras semicirculares a capacidade nominal é calculada pela equação (24).

$$Q_N = 2,78 \times 10^{-5} \times A_{cal}^{1,25} \quad (24)$$

Onde:

$A_{cal}$  Área total da secção transversal da calreira, em (mm<sup>2</sup>);

Já para calreiras de secção retangular ou trapezoidal, a capacidade nominal deve ser calculada através da equação (25).

$$Q_N = Q_{eq} \times F_d \times F_s \quad (25)$$

Onde:

$Q_{eq}$  Caudal equivalente de uma calreira de beirado com secção quadrada, em (L/s);

$F_d$  Fator de profundidade, retirado da Figura 19, em função da relação entre a altura de água (W) e a largura da linha d'água à superfície (T) (W/T);

$F_s$  Fator de forma, retirado da Figura 20, em função da relação entre a largura da soleira da calreira (S) e a largura da linha d'água à superfície (S/T).

Sendo  $Q_{eq}$  calculado pela equação (26).

$$Q_{eq} = 3,48 \times 10^{-5} \times A_{cal}^{1,25} \quad (26)$$

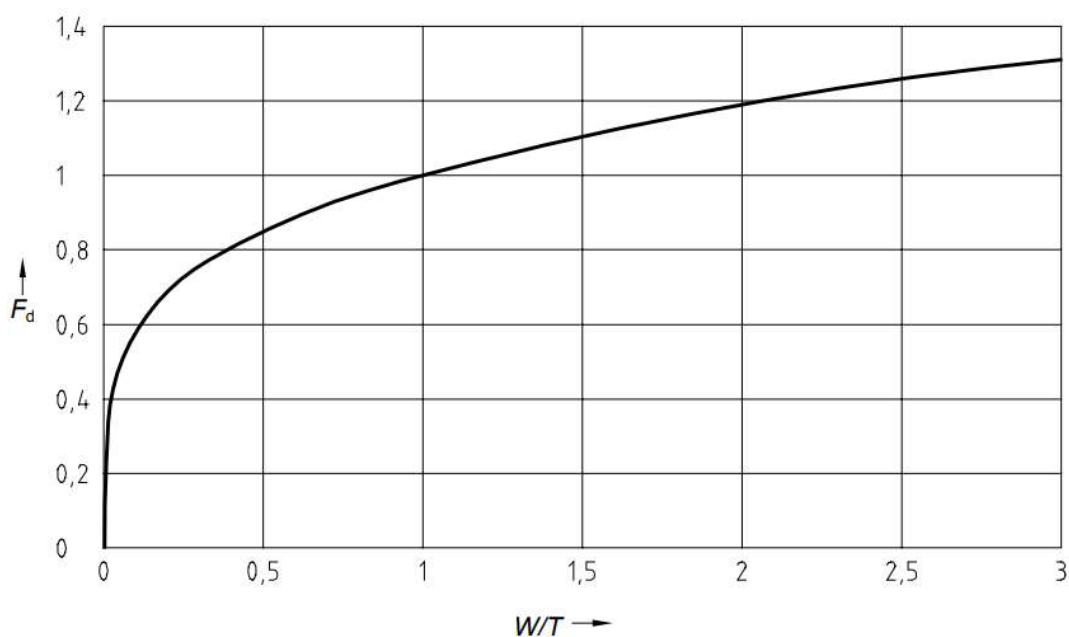
Quando a calreira é considerada longa, deve ser contabilizado outro fator que é o fator de capacidade ( $F_L$ ), dado pela Tabela 23, em função do comprimento da calreira (L) pela altura da lâmina d'água (W), que em casos de calreira de beiral é igual à altura total da calreira. Uma calreira é considerada longa quando a relação W/L é maior que 50, e nesses casos o fator de capacidade deve multiplicar a capacidade da calreira ( $Q_L$ ).

**Tabela 23. Fator de capacidade ( $F_L$ )**

L/W	Fator de capacidade ( $F_L$ )				
	Inclinação 0 a 3 mm/m	Inclinação 4 mm/m	Inclinação 6 mm/m	Inclinação 8 mm/m	Inclinação 10 mm/m
50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
75	0,97	1,02	1,04	1,07	1,09
100	0,93	1,03	1,08	1,13	1,18
125	0,90	1,05	1,12	1,20	1,27
150	0,86	1,07	1,17	1,27	1,37
175	0,83	1,08	1,21	1,30	1,46
200	0,80	1,10	1,25	1,40	1,55

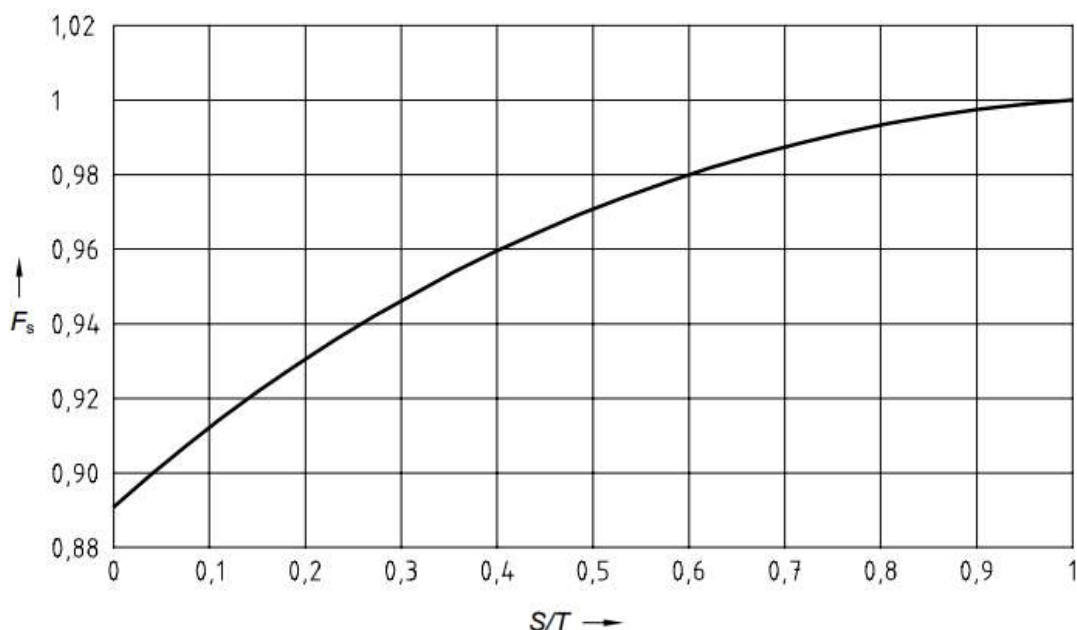
L/W	Fator de capacidade ( $F_L$ )				
	Inclinação	Inclinação	Inclinação	Inclinação	Inclinação
	0 a 3 mm/m	4 mm/m	6 mm/m	8 mm/m	10 mm/m
225	0,78	1,10	1,25	1,40	1,55
250	0,77	1,10	1,25	1,40	1,55
275	0,75	1,10	1,25	1,40	1,55
300	0,73	1,10	1,25	1,40	1,55
325	0,73	1,10	1,25	1,40	1,55
350	0,70	1,10	1,25	1,40	1,55
375	0,68	1,10	1,25	1,40	1,55
400	0,67	1,10	1,25	1,40	1,55
425	0,65	1,10	1,25	1,40	1,55
450	0,63	1,10	1,25	1,40	1,55
475	0,62	1,10	1,25	1,40	1,55
500	0,60	1,10	1,25	1,40	1,55

Fonte: EN 12056-3 (2000) apud ANQIP (2007).



**Figura 19. Fator de profundidade ( $F_d$ )**

Fonte: EN 12056-3 (2000) apud ANQIP (2007).



**Figura 20. Fator de forma ( $F_s$ )**

Fonte: EN 12056-3 (2000) apud ANQIP (2007).

Para caldeiras de vala e de parapeito, a Norma Europeia define a altura mínima do bordo livre em função da profundidade  $Z_{cal}$  da caldeira, sendo ela de 25 mm para caldeiras com menos de 85 mm de profundidade, igual a  $0,3Z_{cal}$  para caldeiras de profundidade entre 85 e 200 mm, e de 75 mm para as que possuem mais de 250 mm de profundidade.

É empregada a mesma equação (23) para o dimensionamento de caldeiras de vala e parapeito, sendo que nas de seção retangular ou trapezoidal a capacidade nominal ( $Q_N$ ) é dada pela equação (25).

- **Dimensionamento dos tubos de queda de águas pluviais**

Após o dimensionamento das caldeiras deve-se seguir aos tubos de queda, para os quais a capacidade deve ser calculada através da equação de Wyly-Eaton (27) segundo a EN 12056-3.

$$Q_{p,TQ} = 2,5 \times 10^{-4} \times k^{-0,167} \times D_{p,TQ}^{2,667} \times t_s^{1,667} \quad (27)$$

Onde:

$Q_{p,TQ}$  Caudal de águas pluviais no tubo de queda, em (L/s);

$k$  Rugosidade do material do tubo, em (mm);

$D_{p,TQ}$  Diâmetro interno do tubo de queda de águas pluviais, em (mm);

$t_s$  Taxa de ocupação, definida como a proporção da seção transversal preenchida por água, adimensional.

A taxa de ocupação a ser utilizada deve ser de até 0,33, exceto em casos que regulamentações nacionais ou locais indiquem valores diferentes, que devem estar entre 0,20 e 0,33. A Norma Europeia recomenda cuidado com risco de bloqueio dos tubos de queda, em especial para tubos de diâmetro menor que DN 75.

- **Dimensionamento dos condutores horizontais de águas pluviais**

Para os coletores prediais a EN 12056-3 indica o uso da equação universal de perda de carga, sendo o fator de atrito ( $f$ ) determinado pela equação de Colebrook-White (28).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log \left( \frac{\varepsilon}{3,7 \times D_{int}} + \frac{2,51}{R_e \times \sqrt{f}} \right) \quad (28)$$

Onde:

$f$  Fator de atrito;

$\varepsilon$  Rugosidade absoluta do material, em (mm);

$D_{int}$  Diâmetro interno da tubagem, em (m);

$R_e$  Número de Reynolds, calculado pela equação (29).

$$R_e = \frac{\rho \times v \times D_{int}}{\mu} \quad (29)$$

Onde:

$\rho$  Massa específica do fluido, em (kg/m<sup>3</sup>);

$v$  Velocidade do escoamento, em (m/s);

$\mu$  Viscosidade dinâmica do fluido, em (Pa.s).

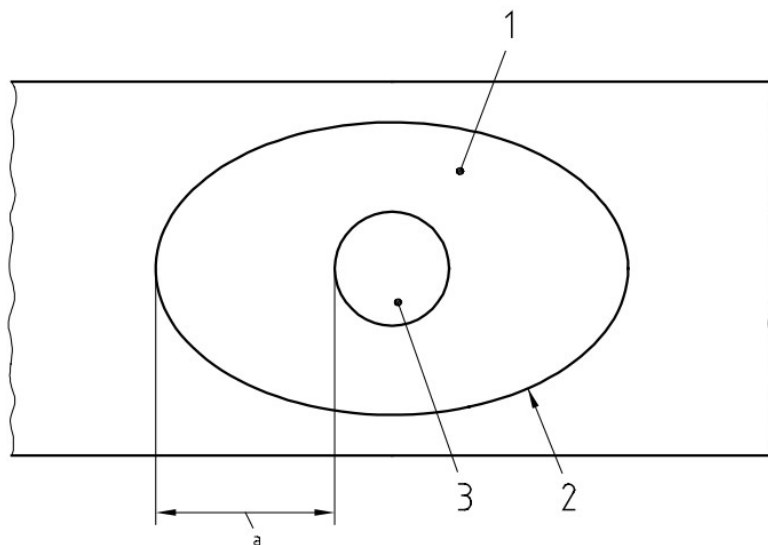
Para facilitar o dimensionamento a EN 12056-3 apresenta em anexo as Tabela 20 e Tabela 21, as mesmas utilizadas para dimensionamento dos coletores de águas residuais.

- **Dimensionamento das saídas de caleira**

A EN 12056-3 trata em seu item 5.3 das saídas das caleiras. Devido à complexidade de se dimensionar as saídas para caleiras com soleiras não planas deve-se determiná-las de acordo com testes realizados para a capacidade de cada geometria. A

norma cita que, por experiência, para caleiras com bases não planas pode-se empregar um funil de transição com área maior ou igual ao dobro da área da seção transversal do tubo de queda dimensionado pela equação (27). A Figura 21 apresenta um esquema em planta para ilustrar a área de transição das saídas de caleiras com fundo não plano.

Na Figura 21 a área 1 representa a área de transição que deve ser duas vezes ou mais a área do tubo de queda; 2 indica a borda do funil de transição; 3 indica a seção do tubo de queda; e a dimensão “a” deve ser maior ou igual à altura total da caleira.



**Figura 21. Saídas de caleiras de fundo não plano**

Fonte: EN 12056-3 (2000) apud ANQIP (2007).

Quando a saída da caleira é equipada de um filtro ou grelha, a norma indica que sua capacidade deve ser multiplicada por um fator de 0,5.

O dimensionamento da saída das caleiras indicado pela EN 12056-3 é apresentado na Tabela 24 para determinar o caudal de saída ( $Q_0$ ) em L/s, seja para descarregadores de superfície ou para orifícios de descarga, para ambas seções circulares ou não circulares.

**Tabela 24. Capacidade das saídas de caleiras segundo a EN 12056-3**

	Seções circulares	Seções não circulares
Descarregador	$Q_0 = k_0 \times D_s \times h^{1,5} / 7500$ <p>Válida quando <math>h \leq D_s / 2</math></p>	$Q_0 = k_0 \times L_w \times h^{1,5} / 24000$ <p>Válida quando <math>h \leq 2A_0 / L_w</math></p>
Orifício de descarga	$Q_0 = k_0 \times D_s^2 \times h^{0,5} / 15000$ <p>Válida quando <math>h &gt; D_s / 2</math></p>	$Q_0 = k_0 \times A_0 \times h^{0,5} / 12000$ <p>Válida quando <math>h &gt; 2A_0 / L_w</math></p>

Fonte: EN 12056-3 (2000) apud ANQIP (2007).

Onde:

$k_0$  Coeficiente de saída, adimensional, igual a 1,0 para saídas desobstruídas e 0,5 para saídas com grades ou filtros;

$D_s$  Diâmetro efetivo da saída da caleira, em (mm);

$h$  Altura de carga da saída, em (mm);

$L_w$  Largura do descarregador, em (mm);

$A_0$  Área plana da do orifício de descarga (mm<sup>2</sup>).

### 3.3 Regulamentação brasileira

No Brasil a entidade responsável pela elaboração de normas técnicas é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), fundada no Rio de Janeiro em 28 de setembro de 1940. A ABNT é o Foro Nacional de Normalização, uma entidade privada e sem fins lucrativos que representa o país junto à Organização Internacional de Normalização (ISO na sigla em inglês - *International Organization for Standardization*), sendo também um membro fundador dela.

A responsabilidade do conteúdo Normas Brasileiras (ABNT NBR) é dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE). A elaboração das normas é realizada por Comissões de Estudo (CE) formadas por partes interessadas no tema objeto da normalização.

#### 3.3.1 ABNT NBR 5626:2020 – Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção

Atualmente no Brasil a regulamentação referente às instalações prediais de água é a ABNT NBR 5626, publicada em 29 de junho de 2020. Esta norma foi elaborada no Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-002), pela Comissão de Estudo de Sistemas Prediais de Água Fria e Água Quente (CE-002:146.003).

A ABNT NBR 5626:2020 é uma atualização da ABNT NBR 5626:1998 – *Instalação predial de água fria*, a qual ela cancela e substitui, bem como acontece com a ABNT NBR 7198:1993 – *Projeto e execução de instalações prediais de água quente*, passando a incorporar todas as instalações de água em uma só norma.

Essa Norma especifica requisitos para projeto, execução, operação e manutenção de sistemas prediais de água potável fria e quente, estabelecendo requisitos para resguardar a segurança sanitária e o desempenho de tais sistemas. Sua aplicação é possível em quaisquer tipos de edifícios, residenciais ou não.

- **Determinação dos caudais de cálculo**

Entre as mudanças em relação à versão anterior da norma, a ABNT NBR 5626:2020 não apresenta mais uma relação de vazões de projeto mínimas para cada aparelho sanitário a serem utilizadas no dimensionamento da rede. Com a atualização da

norma a recomendação é que o caudal de projeto seja obtido junto ao fabricante de cada aparelho. Para título de comparação, tanto o Regulamento Português como a Norma Europeia apresentam relações de caudais de projeto mínimos, como apresentado na Tabela 4 e na Tabela 8, respectivamente.

Existem, no entanto, os valores de caudais que eram recomendados pela versão anterior da norma, publicada em 1998 e ainda amplamente utilizada por projetistas. Os valores dos caudais recomendados pela norma NBR 5626:1998 são apresentados na Tabela 25.

**Tabela 25. Caudais nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização pela NBR 5626:1998**

Aparelho Sanitário	Peça de Utilização	Caudal de Projeto [L/s]
Bacia de retrete	Caixa de descarga	0,15
	Válvula de descarga	1,7
Banheira	Misturador	0,3
Bebedouro	Registro de pressão	0,1
Bidê	Misturador	0,1
Chuveiro ou Ducha	Misturador	0,2
Chuveiro Elétrico	Registro de pressão	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas	Registro de pressão	0,3
Lavatório	Torneira ou misturador	0,15
Pia de cozinha	Torneira ou misturador	0,25
	Torneira elétrica	0,1
Tanque	Torneira	0,25
Torneira de jardim	Torneira	0,2

Fonte: ABNT NBR 5626 (1998).

Considerando que nem sempre o projetista tem controle absoluto sobre os aparelhos que serão empregados em cada edifício, a Norma Brasileira ressalva que o projeto deve trazer expressas as vazões máximas consideradas, e que o emprego de aparelhos sanitários com consumo superior ao previsto em projeto será de responsabilidade do usuário.

- **Dimensionamento das tubagens**

O dimensionamento das tubulações do sistema deve ser realizado de modo a garantir o abastecimento de água com vazões e pressões em conformidade com os

parâmetros de projeto. A escolha dos diâmetros deve decorrer dos valores de velocidades, vazões e pressões que atendam aos requisitos da Norma, visando garantir o escoamento e manter os níveis de ruído em limites aceitáveis.

Em relação ao sistema de distribuição, a Norma Brasileira recomenda que sejam concebidos de modo a facilitar intervenções de manutenção, sendo prevista a setorização por exemplo. Isso é realizado mediante emprego de registros de fechamento, em especial no barrilete, a montante do contador e em locais que isolem os diferentes pavimentos, entre outros que se considere pertinente.

- **Velocidades máximas e mínimas de escoamento**

As velocidades de escoamento devem ser limitadas a valores que evitem golpes de aríete com intensidades prejudiciais aos componentes. O valor limite de 3 m/s é citado pela norma como uma recomendação que não necessariamente previne o golpe de aríete, mas limita a magnitude dos picos de sobrepressão e ruídos.

- **Verificações de pressão e perdas de carga no sistema**

Em relação às pressões dinâmicas mínimas nos pontos de utilização, a NBR 5626 determina que sejam obtidas junto ao respectivo fabricante. Além disso, em todo caso a pressão dinâmica da água no ponto de utilização não pode ser inferior a 10 kPa, enquanto que a pressão estática nestes pontos não pode superar 400 kPa. Ao longo do sistema de distribuição, a pressão dinâmica da água não pode ser inferior a 5 kPa, com exceção dos trechos verticais de tomada d'água nas saídas de reservatórios elevados para os respectivos barriletes em sistemas indiretos. A norma recomenda atenção especial às pressões em caso de abastecimento direto, para evitar que o sistema fique submetido a pressões superiores às de serviço.

Para determinação das perdas de carga nas tubulações e cálculo das pressões dinâmicas, a NBR 5626 recomenda a utilização da equação universal para perdas de carga (5), e equação de Colebrook-White (28) para determinação do fator de atrito. Mas a norma permite também a utilização de equações empíricas, desde que seja adotada a mais adequada para o material e o diâmetro do trecho de tubulação considerado.

- **Sistemas de recalque de água**

Sempre que houver necessidade de sistemas de recalque e de pressurização nas instalações de água, a norma prevê que sejam instaladas no mínimo duas bombas, com funcionamento independente entre si, de forma a assegurar o abastecimento em caso de falha ou manutenção de alguma delas.

- **Reservatórios de água potável**

Uma particularidade da Norma Brasileira em relação às Normas Portuguesa e Europeia é a atenção destinada aos reservatórios de água. A NBR 5626 determina que o volume de água reservado deve atender 24 h de consumo normal no edifício, desconsiderando o volume adicional para combate a incêndio. O caudal a considerar no abastecimento deve ser suficiente para reposição total do volume destinado ao consumo diário em menos de 6 h, ou 3 h em caso de residência unifamiliar.

O volume do reservatório também deve respeitar o limite máximo para assegurar a potabilidade dentro do período de retenção médio, sendo recomendado um volume máximo correspondente a três dias de consumo normal.

A NBR 5626 indica que os reservatórios devem ser dotados de tubulação de limpeza para permitir o esvaziamento, havendo registro de fechamento próximo à saída do reservatório. Além disso o reservatório deve ser provido de tubulações que permitam extravasão do volume de água em excesso, caso seja ultrapassada a cota máxima prevista, impedindo o transbordamento. Essa tubulação de extravasão deve descarregar a água em local visível para alertar o usuário da falha no sistema de controle da entrada de água.

Com objetivo de permitir a admissão ou expulsão de ar nas tubulações em caso de esvaziamento e enchimento, respectivamente, a NBR 5626 determina que seja empregada ventilação da coluna de distribuição em edifícios alimentados a partir de reservatório superior, inclusive residências unifamiliares. No caso de abastecimento direto essa imposição não se aplica, devendo ser seguida recomendação da concessionária local.

- **Rede de água quente**

Em relação ao sistema de água quente, a NBR 5626 recomenda que o sistema de distribuição seja concebido e dimensionado de modo a minimizar o tempo de chegada da água do ponto de disponibilidade ao ponto de utilização. Isso deve ser realizado com

objetivo de reduzir as perdas térmicas e reduzir o volume de água descartada antes da chegada de água quente ao ponto de uso.

Para minimizar as perdas de calor podem ser empregados sistemas de recirculação da água quente, ou utilização de isolamento térmico das tubulações e componentes. O isolamento é recomendado pela NBR 5626 sempre que não houver recirculação em tubagens com mais de 1,5 m a jusante do aquecedor.

É também indicado que a temperatura da água deve atender as necessidades do usuário e usos pretendidos, mas ela deve ser limitada a 70° C dentro de ambientes sanitários. Tubagens transportando água a temperaturas acima deste valor ao longo do sistema devem ser devidamente identificadas, isoladas e protegidas.

Em todos os casos, a Norma indica que o material escolhido para as tubagens deve estar de acordo com o valor máximo de temperatura previsto. Também deve ser considerado o efeito da dilatação térmica nas tubulações, de forma a prever apoios, suportes ou abraçadeiras em locais adequados, para que deformações sejam absorvidas.

A NBR 5626 também determina que sejam minimizadas as transferências de calor entre o sistema predial de aquecimento de água quente para o de água fria, mas não especifica uma distância mínima entre as tubulações.

### **3.3.2 ABNT NBR 8160:1999 – Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução**

As instalações prediais de drenagem de águas residuais são tratadas na ABNT NBR 8160, publicada em setembro de 1999. Esta norma estabelece as exigências e recomendações relativas ao projeto, execução, ensaio e manutenção dos sistemas prediais de esgotamento sanitário, buscando a garantia de higiene, segurança e conforto dos usuários.

Assim como o Regulamento Português e a Norma Europeia, a Norma Brasileira impõe obrigatoriedade na separação do sistema predial de esgotamento sanitário e de águas pluviais.

Como os sistemas devem funcionar por gravidade, a NBR 8160 recomenda declividade constante, obedecendo um mínimo de 2% para tubulações com diâmetro nominal igual ou inferior a 75, e de 1% para diâmetros nominais iguais ou superiores a 100. Para o coletor predial a declividade máxima a ser considerada é de 5%.

A Norma também impõe que mudanças de direção dos ramais em trechos horizontais sejam realizadas com peças com ângulo central igual ou inferior a 45°, enquanto para mudanças de horizontal para vertical ou vice-versa podem ser usadas peças com 90°.

▪ **Método das Unidades Hunter de Contribuição**

A NBR 8160:1999 indica que o dimensionamento do sistema de drenagem de águas residuais pode ser feito pelo método hidráulico ou pelo método das unidades Hunter de contribuição (UHC). Independentemente do método escolhido, devem ser respeitados os diâmetros nominais mínimos apresentados na Tabela 26, onde também se encontram as unidades Hunter de contribuição correspondentes a cada aparelho sanitário.

**Tabela 26. Unidades de Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga segundo a NBR 8160**

Aparelho sanitário	Número de unidades Hunter de contribuição	DN do ramal de descarga
Bacia de retrete	6,0	100
Banheira de residência	2,0	40
Bebedouro	0,5	40
Bidê	1,0	40
Chuveiro de residencia	2,0	40
Chuveiro coletivo	4,0	40
Lavatório de residência	1,0	40
Lavatório de uso geral	2,0	40
Mictório com válvula de descarga	6,0	75
Mictório com caixa de descarga	5,0	50
Mictório com descarga automática	2,0	40
Mictório de calha	2,0	50
Pia de cozinha residencial	3,0	50
Pia de cozinha industrial (preparação)	3,0	50
Pia de cozinha industrial (lavagem de painéis)	4,0	50
Tanque de lavar roupa	3,0	40
Máquina de lavar louças	2,0	50
Máquina de lavar roupas	3,0	50

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

Vale ressaltar que os diâmetros apresentados na Tabela 26 são descritos como Diâmetros Nominais na Norma Brasileira, mas a mesma norma descreve como diâmetro

nominal o diâmetro interno da tubagem, enquanto para os fabricantes europeus o DN corresponde ao diâmetro externo.

- **Dimensionamento dos ramais de descarga**

Para o dimensionamento dos ramais de descarga não individuais, também chamados ramais de esgoto, deve ser considerada a soma das unidades Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários a montante do trecho, e a relação entre essa soma e o diâmetro mínimo do ramal de esgoto é apresentada na Tabela 27.

**Tabela 27. Dimensionamento de ramais de descarga não individuais segundo a NBR 8160**

DN do tubo	Número máximo de unidades Hunter de contribuição	
	Prédio de até três pavimentos	Prédio com mais de três pavimentos
40	4	8
50	10	24
75	30	70
100	240	500

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

- **Dimensionamento dos tubos de queda de águas residuais**

Os tubos de queda também podem ser dimensionados com base nas UHC, conforme Tabela 28.

**Tabela 28. Dimensionamento dos tubos de queda segundo a NBR 8160**

DN do tubo	Número máximo de unidades Hunter de contribuição	
	Prédio de até três pavimentos	Prédio com mais de três pavimentos
40	4	8
50	10	24
75	30	70
100	240	500
150	960	1900
200	2200	3600
250	3800	5600
300	6000	8400

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

- **Dimensionamento dos coletores prediais**

O coletor predial deve ter diâmetro nominal mínimo DN 100, e seu dimensionamento também é realizado pelo método das UHC, levando em consideração também a declividade com a qual será instalada a tubagem. Quando se tratar de prédios residenciais, no somatório de UHC para dimensionamento do coletor predial deve ser levado em consideração apenas o aparelho de maior descarga de cada banheiro. Os valores requeridos pela norma são apresentados na Tabela 29.

**Tabela 29. Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial segundo a NBR 8160**

DN do tubo	Número máximo de UHC em função das declividades mínimas			
	0,5%	1%	2%	4%
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1000
200	1400	1600	1920	2300
250	2500	2900	3500	4200
300	3900	4600	5600	6700
400	7000	8300	10000	12000

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

- **Sistema de ventilação**

Assim como nas regulamentações portuguesa e europeia, a Norma Brasileira permite o uso de sistema de ventilação primária e secundária, de acordo com a necessidade do sistema em questão.

A verificação da suficiência do sistema de ventilação primário deve ser realizada de acordo com método apresentado no Anexo C da NBR 8160, com verificação das alturas dos fechos hídricos, depressões e sobrepensões admissíveis no sistema.

A NBR 8160:1999 requer que toda tubulação de ventilação seja instalada com aclave mínimo de 1%, de forma que se algum líquido ingressar na tubulação ele escoe por gravidade de volta ao ramal de onde teve origem.

Considerando a função do sistema de ventilação de proteger os fechos hídricos nos desconectores, a NBR 8160:1999 traz as distâncias máximas permitidas entre um desconector e o tubo de ventilação, conforme a Tabela 30.

**Tabela 30. Distância máxima de um desconector ao tubo ventilador segundo a NBR 8160**

DN do ramal de descarga	Distância máxima [m]
40	1,00
50	1,20
75	1,80
100	2,40

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

Para o dimensionamento das colunas de ventilação a NBR 8160:1999 apresenta a Tabela 31, com relações entre o diâmetro do tubo de ventilação, o comprimento que ele pode ter, o diâmetro nominal do tubo de queda ou ramal de esgoto ao qual esta coluna está conectada, e o número de UHC em questão.

**Tabela 31. Dimensionamento de colunas e barriletes de ventilação**

DN tubo de queda ou ramal de esgoto	Número de unidades Hunter de contribuição	DN do tubo de ventilação							
		40	50	75	100	150	200	250	300
Comprimento permitido [m]									
40	8	46	-	-	-	-	-	-	-
40	10	30	-	-	-	-	-	-	-
50	12	23	61	-	-	-	-	-	-
50	20	15	46	-	-	-	-	-	-
75	10	13	46	317	-	-	-	-	-
75	21	10	33	247	-	-	-	-	-
75	53	8	29	207	-	-	-	-	-
75	102	8	26	189	-	-	-	-	-
100	43	-	11	76	299	-	-	-	-
100	140	-	8	61	229	-	-	-	-
100	320	-	7	52	195	-	-	-	-
100	530	-	6	46	177	-	-	-	-
150	500	-	-	10	40	305	-	-	-
150	1100	-	-	8	31	238	-	-	-
150	2000	-	-	7	26	201	-	-	-
150	2900	-	-	6	23	183	-	-	-
200	1800	-	-	-	10	73	286	-	-
200	3400	-	-	-	7	57	219	-	-
200	5600	-	-	-	6	49	186	-	-

DN tubo de queda ou ramal de esgoto	Número de unidades Hunter de contribuição	DN do tubo de ventilação							
		40	50	75	100	150	200	250	300
		Comprimento permitido [m]							
200	7600	-	-	-	5	43	171	-	-
250	4000	-	-	-	-	24	94	293	-
250	7200	-	-	-	-	18	73	225	-
250	11000	-	-	-	-	16	60	192	-
250	15000	-	-	-	-	14	55	174	-
300	7300	-	-	-	-	9	37	116	287
300	13000	-	-	-	-	7	29	90	219
300	20000	-	-	-	-	6	24	76	186
300	26000	-	-	-	-	5	22	70	152

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

Para o dimensionamento dos ramais de ventilação a NBR 8160:1999 leva em conta dois casos separados, um caso exista bacias de retrete entre os aparelhos conectados ao tubo que recebe ventilação, e um caso não hajam bacias de retrete, como se vê na Tabela 32.

**Tabela 32. Dimensionamento de ramais de ventilação segundo a NBR 8160**

Grupo de aparelhos sem bacia de retrete		Grupo de aparelhos com bacia de retrete	
Número de UHC	DN do ramal de ventilação	Número de UHC	DN do ramal de ventilação
Até 12	40	Até 17	50
13 a 18	50	18 a 60	75
19 a 36	75	-	-

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

▪ **Instalação de recalque de águas residuais**

Em casos que houver necessidade de instalação de recalque para águas residuais abaixo do nível do arruamento, o funcionamento das bombas deve ser automático e alternado, com comando por chaves magnéticas conjugadas com chaves de bóia. A instalação de bombagem deve conter dispositivo de alarme para alertar casos de falhas mecânicas.

A capacidade da bomba deve atender ao caudal máximo provável de contribuição dos aparelhos que possam estar em funcionamento simultâneo; ao tempo de detenção do

esgoto; e ao intervalo de tempo entre duas partidas consecutivas do motor. O diâmetro mínimo da tubulação de recalque deve ser DN 75. O volume útil da caixa coletora ( $V_u$ ) deve ser determinado com a equação (30).

$$V_u = \frac{Q_b \times t_b}{4} \quad (30)$$

Onde:

$V_u$  Volume compreendido entre o nível máximo e o nível mínimo de operação da caixa, em ( $m^3$ );

$Q_b$  Caudal da bomba em ( $m^3/min$ );

$t_b$  Intervalo de tempo entre duas partidas do motor, em (min).

É recomendado que o intervalo de tempo seja inferior a 10 min, e que a capacidade da bomba seja no mínimo duas vezes o caudal afluyente de águas residuais.

O tempo de detenção do esgoto na caixa coletora ( $t_d$ ) não pode superar 30 min, e é calculado em minutos pela equação (31).

$$t_d = \frac{V_t}{q} \quad (31)$$

Onde:

$V_t$  Volume total da caixa coletora, em ( $m^3$ )

$q$  Caudal médio de esgoto afluyente, em ( $m^3/min$ ).

- **Câmaras de inspeção e de retenção de gorduras**

Outro requisito da NBR 8160 é em relação às caixas e dispositivos de inspeção, para garantir acesso ao sistema. Estas caixas devem ser empregadas sempre que houver desvio, mudança de declividade ou junção de tubagens enterradas. A distância entre dois dispositivos de inspeção não deve ultrapassar 25 m; a distância entre a ligação do coletor predial com o coletor público e o dispositivo de inspeção mais próximo não deve exceder 15 m.

É recomendado pela Norma que sejam usadas caixas de gordura quando os efluentes contiverem resíduos gordurosos. Esses dispositivos devem, portanto, ser instalados de forma a receber as águas provenientes de pias de cozinha e máquinas lava-louças, e as caixas devem ser instaladas em locais de fácil acesso e boa ventilação.

A Norma Brasileira apresenta mais requisitos que a Norma Portuguesa em relação às caixas de gordura. Quando a caixa de gordura atende a uma única cozinha pode ser usada a caixa de gordura pequena (CGP) ou a simples (CGS); quando for para coleta de duas cozinhas pode ser usada a simples ou a dupla (CGD); quando a coleta for de três até 12 cozinhas deve ser usada a caixa simples; e para mais de 12 cozinhas residenciais, ou para cozinhas de restaurantes, escolas, hospitais, etc, devem ser previstas caixas de gordura especiais. As dimensões das caixas de gordura que a norma apresenta estão na Tabela 33.

**Tabela 33. Características das caixas de gordura indicadas pela NBR 8160**

<b>Tipo de caixa</b>	<b>Sigla</b>	<b>Diâmetro interno</b>	<b>Parte submersa do septo</b>	<b>Capacidade de retenção</b>	<b>DN tubulação de saída</b>
Pequena	CGP	0,3	0,2	18	75
Simple	CGS	0,4	0,2	31	75
Dupla	CGD	0,6	0,35	120	100

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

### **3.3.3 ABNT NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais**

A Norma Brasileira referente às Instalações prediais de águas pluviais é a ABNT NBR 10844 de 1989, que fixa exigências e critérios necessários aos projetos de instalações de drenagem de águas pluviais. A NBR 10844 se aplica à drenagem de coberturas e demais áreas associadas ao edifício, como pátios, terraços, quintais e similares, não se aplicando a casos em que o caudal exija uso de bocas de lobo e galerias.

Com objetivo de garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia, a norma define que as instalações devem atender as seguintes exigências:

- Recolher e conduzir o caudal de projeto até locais permitidos pelos dispositivos legais;
- Ser estanques;
- Permitir a limpeza e desobstrução de qualquer ponto no interior da instalação;
- Absorver os esforços provocados pelas variações térmicas a que estão submetidas;
- Quando passíveis de choques mecânicos, ser constituídas de materiais resistentes a estes choques;
- Nos componentes expostos, utilizar materiais resistentes às intempéries;

- Nos componentes em contato com outros materiais de construção, utilizar materiais compatíveis;
  - Não provocar ruídos excessivos;
  - Resistir às pressões a que podem estar sujeitas;
  - Ser fixadas de maneira a assegurar resistência e durabilidade.
- 
- **Determinação dos caudais de projeto**

Em relação aos fatores meteorológicos envolvidos no dimensionamento, a NBR 10844 define que a intensidade pluviométrica deve ser determinada a partir de bases de dados pluviométricos locais. O tempo de retorno deve ser fixado segundo as características da área a ser drenada, sendo de 1 ano para áreas pavimentadas onde empoçamentos possam ser tolerados, 5 anos para coberturas e/ou terraços, e 25 anos para coberturas e áreas onde empoçamento ou extravasamento não possam ser tolerados. Também é determinado que a duração de precipitação deve ser fixada em  $t = 5$  min. Para edificações até 100 m<sup>2</sup> de área de projeção horizontal a Norma permite adotar  $I = 150$  mm/h.

O caudal de projeto deverá ser calculado pela equação (32).

$$Q_p = \frac{I \times A_{cont}}{60} \quad (32)$$

Onde:

$Q_p$  Caudal de cálculo das águas pluviais, em (L/min);

$I$  Intensidade pluviométrica, em (mm/h);

$A_{cont}$  Área de contribuição, em (m<sup>2</sup>).

A área de contribuição deve ser determinada considerando incrementos relativos à inclinação das coberturas e presença de paredes que interceptem água de chuva a ser drenada também pela cobertura. Esses incrementos se devem ao ângulo de queda da chuva com influência do vento. As indicações para a determinação das áreas de contribuição são apresentadas por esquemas na Figura 22.

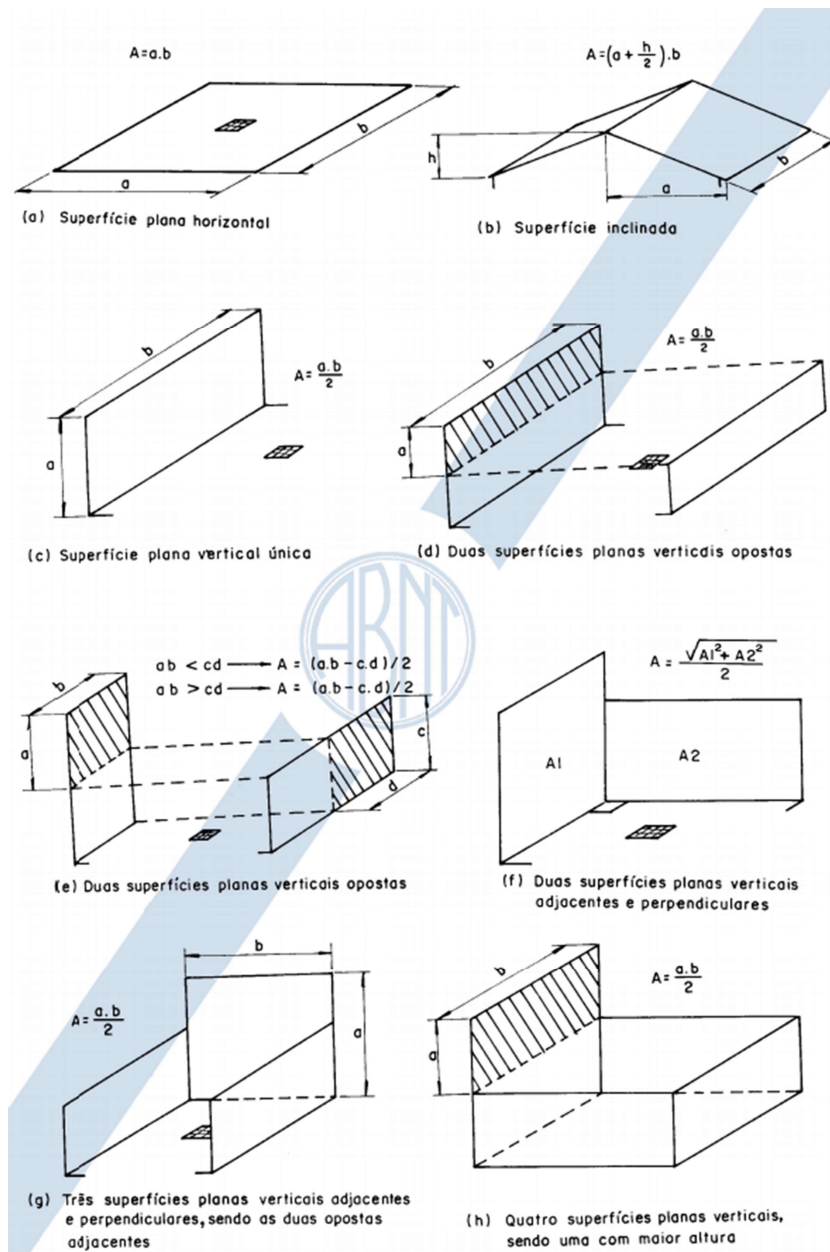


Figura 22. Indicações para cálculo das áreas de contribuição

Fonte: ABNT NBR 10844 (1989).

- **Dimensionamento das caleiras**

Para evitar empocamento a Norma recomenda declividade de 0,5% na direção dos pontos de drenagem em superfícies horizontais de lajes. Uma declividade mínima de 0,5% também é requerida para as caleiras de beiral e platibanda, devendo a inclinação ser uniforme. Quando a saída da caleira estiver a menos de 4 m de uma mudança de direção a NBR 10844 indica que o caudal de projeto deve ser multiplicado pelos coeficientes presentes na Tabela 34.

**Tabela 34. Coeficientes multiplicativos do caudal de projeto segundo NBR 10844**

<b>Tipo de curva</b>	<b>Curva a menos de 2 m da saída da calreira</b>	<b>Curva entre 2 e 4m da saída da calreira</b>
Canto reto	1,20	1,10
Canto arredondado	1,10	1,05

Fonte: ABNT NBR 10844 (1989).

O dimensionamento das calzeiras deve ser realizado através da fórmula de Manning-Strickler em sua versão que é apresentada na NBR 10844 (33), ou equivalente.

$$Q_p = K \times \frac{S}{n} \times R_h^{2/3} \times i^{1/2} \quad (33)$$

Onde:

- $Q_p$  Caudal de cálculo de águas pluviais, em (L/min);
- $S$  Área da seção molhada, em (m<sup>2</sup>);
- $n$  Coeficiente de rugosidade do material, dados na Tabela 35;
- $R_h$  Raio hidráulico, em (m);
- $i$  Declividade da calreira, em (m/m),
- $K$  Igual a 60000.

**Tabela 35. Coeficientes de rugosidade**

<b>Material</b>	<b>n</b>
Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não-alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: ABNT NBR 10844 (1989).

Para facilitar o dimensionamento, a NBR 10844 apresenta na Tabela 36 as capacidades de calzeiras semicirculares para coeficiente de rugosidade  $n=0,011$  (de plástico, fibrocimento, aço ou materiais não-ferrosos). Os valores apresentados foram calculados para diferentes declividades com a equação (33) considerando lâmina de água à meia altura do diâmetro interno.

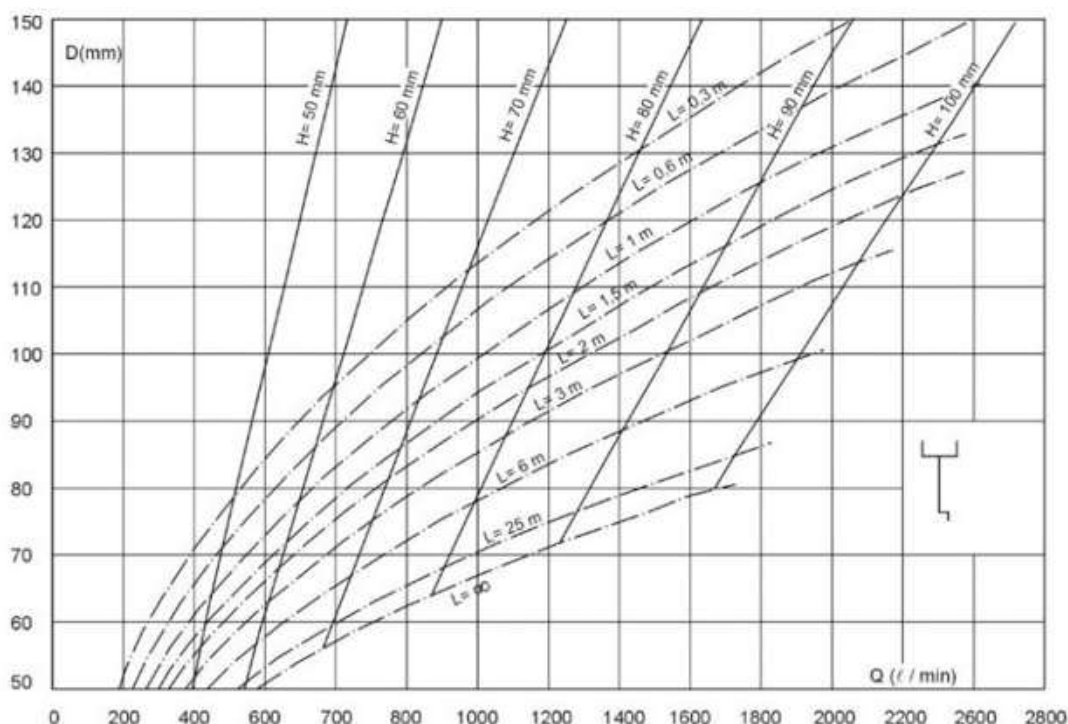
**Tabela 36. Capacidades de caeiras semicirculares com coeficientes de rugosidade  $n=0,011$  (Caudal em L/min)**

Diâmetro interno [mm]	Declividades		
	0,50%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: ABNT NBR 10844 (1989).

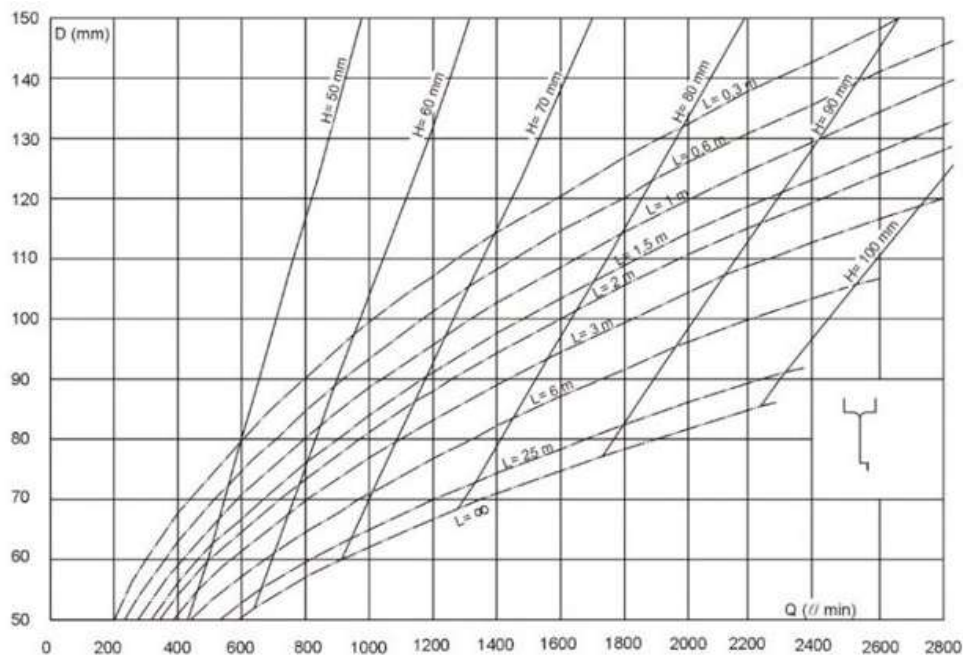
- **Dimensionamento dos tubos de queda de águas pluviais**

Em relação aos condutores verticais a Norma Brasileira permite que sejam colocados interna ou externamente ao edifício, devendo ser priorizado sempre que possível uma só prumada. O diâmetro mínimo desses condutores é de 70 mm quando de seção circular, e seu dimensionamento é realizado a partir do caudal de cálculo ( $Q_p$ ) em (L/min), da altura da lâmina de água na caeira (H), em (mm), e do comprimento do condutor vertical (L) em (m). Com auxílio dos ábacos apresentados na Figura 23 e na Figura 24 determina-se, portanto, o diâmetro interno ( $D_{int}$ ) do tubo de queda.



**Figura 23. Ábaco para dimensionamento de condutores verticais para caeiras com saída em aresta viva**

Fonte: ABNT NBR 10844 (1989).



**Figura 24. Ábaco para dimensionamento de condutores verticais para calceiras com funil de saída**

Fonte: ABNT NBR 10844 (1989).

- **Dimensionamento dos condutores horizontais de águas pluviais**

Os condutores horizontais por sua vez devem ser projetados com declividade uniforme e maior que 0,5%. Seu dimensionamento deve ser feito com escoamento a 2/3 do diâmetro interno do tubo. Considerando esta taxa de ocupação da tubagem a norma apresenta as vazões para diferentes tubos com diferentes rugosidades como apresentado na Tabela 37.

**Tabela 37. Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)**

Diâmetro interno [mm]	n=0,011			n=0,012				n=0,013				
	0,5%	1%	0,50%	1%	2%	4%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
50	32	45	27	38	54	76	64	90	29	41	59	83
75	95	133	80	113	159	226	188	267	87	122	172	245
100	204	287	173	243	343	486	405	575	187	264	372	527
125	370	521	313	441	622	882	735	1040	339	478	674	956
150	602	847	509	717	1010	1430	1190	1690	552	777	1100	1550
200	1300	1820	1100	1540	2180	3040	2570	3650	1090	1670	2360	3350
250	2350	3310	1990	2800	3950	5600	4660	6620	2150	3030	4280	6070
300	3820	5380	3230	4550	6420	9110	7590	7590	3500	4930	6960	9870

Fonte: ABNT NBR 10844 (1989).

# Capítulo 4.

## Materiais e métodos

### 4.1. Descrição do edifício

No presente capítulo faz-se uma descrição e caracterização da edificação cujo projeto serviu de base para o dimensionamento que compõe este trabalho. O edifício em questão é uma residência unifamiliar de alto padrão com 3 pisos: sendo o Piso 1 no nível do arruamento; o Piso 2 sendo o piso superior; e o Piso 0 inferior, em cave, devido à declividade do terreno em que a casa se encontra. Além do corpo principal da casa existe uma edícula nos fundos do terreno, onde também existem instalações hidrossanitárias.

O terreno apresenta as dimensões de 15,80 m de frente por 32,90 m de lateral, totalizando uma área de 519,82 m<sup>2</sup>. O desnível do terreno é de 3,00 m, sendo a inclinação decrescente na direção dos fundos, como mostra a Figura 25.

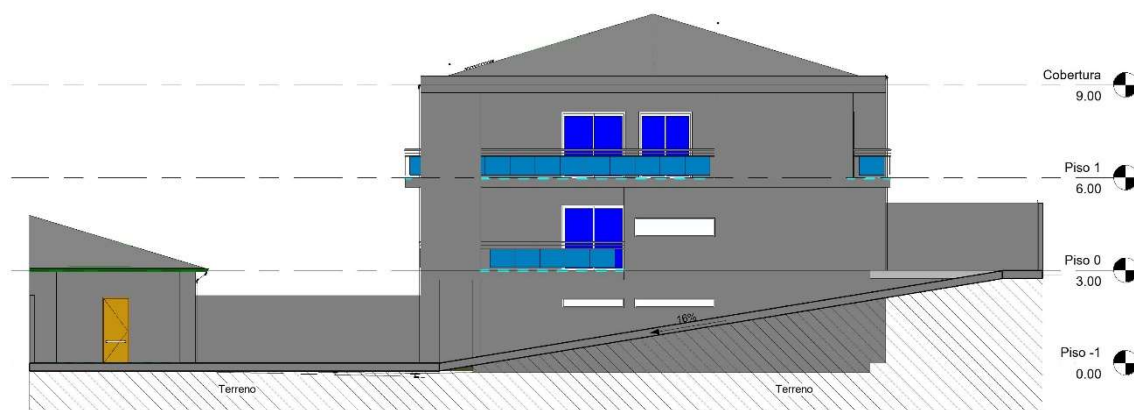


Figura 25. Vista em corte longitudinal do terreno.

O projeto arquitetônico e o traçado prévio das tubagens em planta foram, gentilmente, disponibilizados em formato AutoCAD® (.dwg) pelo gabinete de arquitetura *Dolmu – Arquitetura | Engenharia*, com sede em Macedo de Cavaleiros, na região Norte e sub-região de Terras de Trás-os-Montes, em Portugal.

Para fins de organização do trabalho, os ambientes da residência que contam com instalações hidrossanitárias foram nomeados e numerados:

- No Piso 0 os cômodos onde existem aparelhos hidrossanitários são a cozinha (que conta com pia e máquina lava louças), um lavabo (com bacia de retrete e lavatório), e o BWC 1 (com bacia de retrete, bidé, duche e lavatório), além de uma torneira externa no alpendre em frente à porta de entrada;
- No Piso 1 há o BWC 2, que conta com bacia de retrete, lavatório e duche, e o BWC 3, com bacia de retrete, bidê, lavatório e banheira;
- No piso inferior, Piso -1, se encontra a lavanderia, onde existe a máquina de lavar e os aparelhos do sistema de aquecimento, o BWC 4, com bacia de retrete e lavatório, além de uma torneira na garagem e uma na área externa à casa;
- Na Edícula, na parte do barbecue existe uma pia e uma torneira baixa, e no arrumos existe mais uma torneira.

No Anexo A encontram-se as plantas de arquitetura, as vistas e os cortes da edificação como disponibilizadas pelo gabinete de arquitetura.

## 4.2. Caracterização dos sistemas

Para adequar os sistemas às exigências não só da Regulamentação Portuguesa, mas também das Normas Europeias e Brasileiras, os traçados dos sistemas foram revistos e transferidos para o *software* Revit<sup>®</sup>, onde é possível definir o traçado em 3D das tubagens. Ambos os softwares AutoCAD<sup>®</sup> e Revit<sup>®</sup> foram utilizados em suas versões educacionais.

O uso do Revit<sup>®</sup> também facilita a compatibilização dos projetos, evitando interseções entre tubulações de diferentes fins, assim como visualização mais rápida e fácil do projeto e maior grau de detalhamento dos sistemas, como mostrado na Figura 26. As vistas 3D dos demais ambientes são apresentadas no Anexo C.

O abastecimento de água na edificação é realizado mediante ligação com o abastecimento público, sendo usado o sistema de abastecimento direto, ou seja, sem uso de caixa d'água. Sendo o abastecimento direto o mais utilizado em Portugal, e sendo permitido pela NBR 5626, será igualmente empregado no dimensionamento pela Norma Brasileira.

Há também na residência um sistema de aquecimento de água por painéis solares, instalados sobre o telhado, aliado a uma caldeira a gás instalada na Lavanderia, no Piso -1, que trabalha para complementar o aquecimento quando necessário.

A destinação das águas residuais domésticas e pluviais será os respectivos coletores públicos. Devido ao declive do terreno, as águas residuais e pluviais provenientes da edícula e as águas residuais geradas no Piso 0 necessitam de bombeamento para chegarem ao nível do arruamento e junto com as demais águas residuais e pluviais serem descarregadas nos coletores públicos apropriados.

Para representar os diferentes sistemas no projeto foram definidas cores para cada:

- Sistema de abastecimento de água fria – **Azul**;
- Sistema de abastecimento de água quente – **Vermelho**;
- Sistema de drenagem de águas residuais domésticas – **Verde**;
- Sistema de drenagem de águas pluviais - **Castanho**.

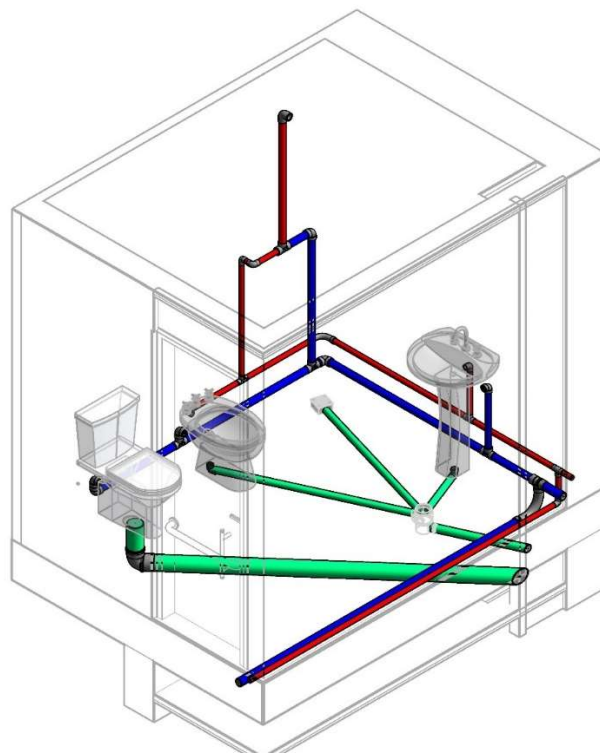


Figura 26. Vista 3D do BWC 1

Para organização durante o dimensionamento, os trechos das tubulações foram numerados, cada trecho entre duas ramificações, ou entre uma ramificação e um ponto de uso recebeu um número, acompanhado de um código para identificação do tipo de sistema, sendo esse AF para sistemas de abastecimento de água fria e AQ para abastecimento de água quente. Para a rede de águas residuais os ramais não-individuais são indicados por R, os tubos de queda por TQ, os coletores por CPr e o ramal de ligação por RLr, enquanto para as redes de águas pluviais as caleiras são identificadas por C, os tubos de queda por TQP, os coletores por Cpp e o ramal de ligação por RLp.

Na segunda fase do plano de trabalho foi realizada a adequação dos traçados das redes presentes no projeto recebido pelo gabinete *Dolmu*. As mudanças precisaram ser realizadas para garantir a aplicação das regulamentações estudadas. As posições de alguns dos aparelhos sanitários nas casas de banho foram alteradas para evitar interseções entre tubagens. Para os três tubos de queda de águas residuais, que são internos ao edifício, foram adicionadas *courettes* a serem construídas em painéis de gesso. Desta forma os tubos de queda não estão solidarizados à estrutura ou às paredes, facilitando manutenções. As prumadas das canalizações de abastecimento de água fria e quente também são inseridas em uma destas *courettes*, junto às tubagens de circulação de glicol solar, para aquecimento da água.

#### 4.2.1 Sistema Predial de Abastecimento de Água

Tendo em vista a necessidade de um material que resista a elevadas temperaturas, o material escolhido para as tubagens de abastecimento de água foi o polipropileno random (PPR), cujas dimensões comerciais para o tipo Vissen S2,5/SDR6, de acordo com catálogo técnico da Vissen Piping Solutions (2021), são apresentadas na Tabela 38, em concordância com catálogos técnicos verificados.

**Tabela 38. Dimensões das tubagens de PPR**

DN	Espessura da parede
[mm]	[mm]
16	2,7
20	3,4
25	4,2
32	5,4
40	6,7
50	8,4
63	10,5
75	12,5
90	15

Fonte: VISSEN PIPING SOLUTIONS (2021).

Nas redes de abastecimento de água os valores de caudal empregados para dimensionamento seguindo o RGSPDADAR e a EN 806 são os apresentados respectivamente na Tabela 4 e na Tabela 8 (*ver* Capítulo 3, p.29 e p.47).

Como a NBR 5626 recomenda que sejam usados valores fornecidos pelos fabricantes, foram usados catálogos técnicos para os aparelhos sanitários presentes na edificação. O fabricante escolhido foi a Docol (*s.d.*), marca brasileira fundada em 1956.

No entanto, não sendo apresentados nos catálogos dos fabricantes os caudais mínimos de projeto que devem ser garantidos, o dimensionamento pelo método da Norma Brasileira foi efetuado valendo-se dos valores da Tabela 25 (*ver* Capítulo 3, p.69), recomendados pela versão anterior da norma, a NBR 5626:1998. Após o dimensionamento foi então verificado se os resultados atenderiam aos requisitos dos fabricantes dos aparelhos utilizados, de forma a cumprir os requisitos da NBR 5626:2020 de atender recomendações dos fabricantes.

Os modelos adotados e dados relevantes para dimensionamento são apresentados nos catálogos de cada aparelho, que podem ser encontrados no Anexo F deste trabalho.

Considerando-se que não é conhecida a pressão disponibilizada pela rede pública no local onde será instalada a obra, a verificação das pressões ao longo da rede foi realizada de modo inverso. Foi, portanto, determinado que no aparelho mais desfavorável a pressão disponível seria igual à mínima permitida pela respectiva regulamentação, e a partir disto foi determinada a pressão mínima que deve ser disponibilizada pela rede para que seja possível abastecer toda a edificação de forma direta.

Como o RGSPDADAR permite nos aparelhos pressão mínima de 5 m.c.a. e recomenda de 15 m.c.a. para níveis adequados de conforto, foi adotado valor médio de 10 m.c.a. no aparelho mais desfavorável, de modo que os demais aparelhos atuem em pressões próximas da recomendação de conforto. Para a EN 806-3 é empregado o mínimo de 10 m.c.a, e 1 m.c.a para a NBR 5626.

Caso a pressão determinada para a entrada rede não pudesse ser garantida pela rede pública, seria necessário o emprego de um sistema elevatório para garantir o abastecimento da edificação.

No Brasil a ABNT NBR 12218 (2017), que trata dos projetos de rede de distribuição de água para abastecimento público, determina que nas redes públicas de abastecimento a pressão estática máxima deve ser de 40 m.c.a., ou 50 m.c.a. caso seja em terreno com topografia acidentada. Já a pressão mínima a ser garantida é de 10 m.c.a.. Uma vez calculada a pressão necessária à entrada da rede predial pela da NBR 5626 foi verificado se o valor está compreendido entre tais limites.

No dimensionamento do sistema de abastecimento de água seguindo o RGSPDADAR é atendida a recomendação de Pedroso (2016) para considerar um acréscimo de 20% às perdas de carga de percurso devido às singularidades. Para determinação de tais perdas de carga é empregada a equação (6) de Flamant (*ver* Capítulo 3, p.32), sendo o coeficiente  $b$  igual a 0,000134 por se tratar de tubagens de materiais plásticos (PEDROSO, 2016). Além dos 20% para as perdas singulares foi considerada uma perda devido ao contador no troço AF1 de 5 m.c.a, e devido ao sistema de aquecimento de 2 m.c.a no troço AQ2 (CASTRO, 2008).

A EN 806 apresenta um método simplificado para determinação dos diâmetros, que foi seguido no dimensionamento. No entanto a Norma Europeia não apresenta diretrizes para verificação das perdas de carga e pressões no sistema, indicando que deve ser empregada legislação local. Portanto, foi utilizada a mesma metodologia do RGSPDADAR.

Por fim o dimensionamento de acordo com a Norma Brasileira foi realizado adotando a equação de Darcy e Weisbach (5) (*ver* Capítulo 3, p.32), determinando o fator de atrito  $f$  pela equação de Colebrook-White (28) (*ver* Capítulo 3, p.65) como indica a NBR 5626. Para dimensionamento destas redes pela NBR 5626 foi utilizada uma rugosidade absoluta de 0,007 mm, conforme Amanco (2010).

As interações para determinação do fator de atrito foram realizadas com auxílio da função “Atingir Meta” da planilha eletrônica Excel. Para as perdas de carga singulares foi empregado o método dos comprimentos equivalentes. Os comprimentos equivalentes das principais singularidades presentes no projeto são apresentados na Tabela 39.

**Tabela 39. Comprimentos equivalentes (m) das singularidades nas tubagens**

DN (mm)	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° passag. direta	Tê 90° saída de lado	Tê 90° saída bilateral	Registro globo aberto	Registro gaveta aberto
20	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	11,4	0,2
25	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	15	0,3
32	2	1	0,7	0,5	1,5	4,6	4,5	22	0,4
40	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	35,8	0,7
50	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	37,9	0,8
65	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	38	0,9

Fonte: Pedroso (2016).

Além das perdas singulares calculadas pelo método dos comprimentos equivalentes foi considerada uma perda de carga de 2,5 m.c.a. devido ao contador no trecho AF1. Este valor foi utilizado por se tratar do valor máximo de perda de carga permitido para contadores atuando no caudal nominal segundo portaria do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial do Brasil - INMETRO (2000).

#### 4.2.2. Sistema Predial de Drenagem de Águas Residuais

Para o sistema de drenagem de águas residuais o material escolhido foi o PVC conforme a NP EN 1329:1. As dimensões dos tubos considerados são apresentadas na Tabela 40 de acordo com valores apresentados pelo catálogo da EUROTUBO (2021).

**Tabela 40. Dimensões das tubagens de PVC**

DN comercial [mm]	Esp. [mm]	D interno [mm]
32	3,0	26,0
40	3,0	34,0
50	3,0	44,0
75	3,0	69,0
90	3,0	84,0
110	3,2	103,6
125	3,2	118,6
140	3,2	133,6
160	3,2	153,6
200	3,2	193,6
250	3,2	240,6

Fonte: EUROTUBO (2021).

Para o dimensionamento do sistema de drenagem de águas residuais é definido que a ventilação é primária, por possuir ventilação apenas através do prolongamento do tubo de queda acima do telhado, sem uso de ramais específicos de ventilação.

A EN 12056-2 apresenta valores específicos para as unidades de descarga de bacias de retrete com cisternas diferentes. Para este projeto foi considerada a bacia de retrete com cisterna de 6,0 L, o chuveiro considerado é o com *plug* e a máquina de lavar roupa foi considerada até 6 kg.

Considerando que as normas utilizadas apresentam recomendações parecidas para os traçados das redes, foi realizado um traçado que se adequasse da melhor forma a todas as regulações. Na determinação das inclinações das tubagens de drenagem de águas residuais foram adotados os valores de 2% para tubagens menores de DN75 e 1% para maiores, como indicados na NBR 8160, por ser a norma mais restritiva neste quesito, enquanto o RGSPDADAR indica valores entre 1 e 4%, sem maiores especificações.

Para o dimensionamento dos ramais individuais foram utilizados os valores mínimos presentes no RGSPDADAR (Tabela 5, Capítulo 3, p.35) e na NBR 8160 (Tabela 26, Capítulo 3, p.73). Para a EN 12056-2 foi realizado dimensionamento dos ramais individuais através das UD apresentadas na Tabela 10 (*ver* Capítulo 3, p.52), com aplicação da equação (20) (*ver* Capítulo 3, p. 53) para determinação do caudal de cálculo, com o qual se verifica o DN a partir da Tabela 12 (*ver* Capítulo 3, p.54).

O RGSPDADAR impõe que o dimensionamento dos ramais de descarga não individuais seja realizado com escoamento a meia-seção, portanto esse critério foi aplicado às três normativas, mesmo que a EN 12056-2 também permita escoamento a seção-cheia ou a 70%, e a NBR 8160 permita a seção-cheia ou 3/4. Sendo o escoamento a meia seção, o sistema é caracterizado como sistema tipo I para o dimensionamento pela Norma Europeia.

O dimensionamento dos ramais não-individuais para a NBR 8160 é realizado pela soma das UHC dos aparelhos a montante, com verificação do diâmetro mínimo a partir da Tabela 27 (*ver* Capítulo 3, p.74). Já pela EN 12056-2 segue-se o mesmo processo descrito anteriormente para os ramais individuais.

Os tubos de queda são pré-dimensionados para o RGSPDADAR com emprego da equação (15) (*ver* Capítulo 3, p.56), que permite determinar a taxa de ocupação conforme a Tabela 6 (*ver* Capítulo 3, p.39), para então prosseguir com o dimensionamento efetivo pela equação (16) (*ver* Capítulo 3, p. 40). Para a EN 12056-2 os tubos de queda têm suas saídas consideradas em aresta viva, e os diâmetros são determinados pela Tabela 18 (*ver* Capítulo 3, p.58) com base no caudal de cálculo. Como são ligadas bacias de retrete nos TQ1 e TQ2 é definido que o DN mínimo é de 100 mm.

O dimensionamento dos tubos de queda pela NBR 8160 é feito com emprego da Tabela 28 (*ver* Capítulo 3, p.74), que leva em conta o número de pavimentos da edificação. O edifício em questão possui 3 pavimentos, se configurando então na coluna de prédio até três pavimentos.

No dimensionamento dos coletores prediais pelo RGSPDADAR é aplicada a equação (10) (*ver* Capítulo 3, p.37), considerando escoamento a meia-seção, enquanto no dimensionamento pela Norma Europeia usa-se a Tabela 21 (*ver* Capítulo 3, p.59), considerando escoamento a 70% da seção.

Se tratando de um edifício residencial, no dimensionamento dos coletores prediais pela NBR 8160 devem ser considerados apenas os aparelhos de maior descarga de cada banheiro, que é a bacia de retrete em todos os casos. As UHC das bacias de retrete são então somadas às demais UHC dos outros aparelhos que contribuem para cada coletor.

A utilização de câmaras de retenção de gorduras não é comum nas residências familiares em Portugal. Estes dispositivos são citados no RGSPDADAR, mas não carregam peso de obrigatoriedade, enquanto na EN 12056 não há referências a elas. Já a Norma Brasileira possui critérios mais restritos quanto às caixas de gordura. Sendo assim, para este projeto não foi considerado o uso de caixa de gordura no traçado, no entanto o dimensionamento dela pela NBR 8160 foi realizado e é apresentado no Capítulo 5.

Considerando a existência de aparelhos sanitários no Piso -1 (cave), abaixo do nível do arruamento, se faz necessário dimensionar um conjunto elevatório para as águas residuais deste piso. São empregadas duas bombas idênticas, conforme indicam o RGSPDADAR e a NBR 8160. As bombas consideradas são do tipo submersíveis, nas câmaras de bombagem, e, portanto, não há canalização de aspiração.

A determinação da potência das bombas é realizada pela equação (7) (*ver* Capítulo 3, p.33), enquanto a altura manométrica é calculada com a equação (8) (*ver* Capítulo 3, p.33). Para determinação da perda de carga na tubagem de compressão (J) utiliza-se a equação de Flamant (6) (*ver* Capítulo 3, p.32) para o RGSPDADAR e para a EN 12056-2, e a equação universal da perda de carga (28) (*ver* Capítulo 3, p.65) para a NBR 8160.

Os caudais afluentes para cálculo da potência da bomba são determinados de acordo com cada regulamentação, sendo considerado um acréscimo de 20% a todos os caudais, bem como a todas as alturas manométricas, conforme recomendações de Pedrosa (2016). A potência é determinada pela equação (7) (*ver* Capítulo 3, p.33). Foi considerado rendimento das bombas igual a 70%, conforme indicado por Pedrosa (2016).

Foi procurada uma solução comercial que satisfizesse os quesitos do pré-dimensionamento das bombas, nomeadamente os caudais e alturas manométricas.

### 4.2.3 Sistema de Drenagem de Águas Pluviais

O material escolhido para o sistema de drenagem de águas pluviais foi o PVC-U, tanto para as caleiras e tubos de queda, quanto para os coletores.

Para dimensionamento das instalações de águas pluviais inicialmente se determinam as áreas de contribuição. As áreas de telhado a serem drenadas são mostradas na Figura 27 para a cobertura principal e na Figura 28 para a cobertura do anexo no fundo do terreno.

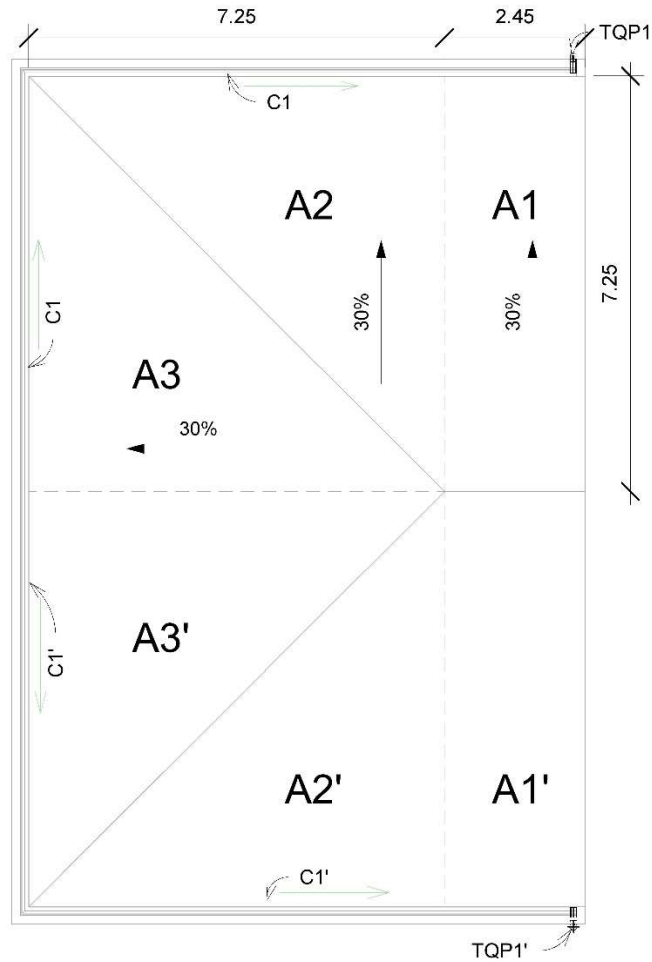
As três regulamentações consideradas indicam que as instalações de drenagem de águas pluviais devem ser dimensionadas para precipitação com duração de 5 minutos e período de retorno de 5 anos. Considerando a localidade sendo a cidade de Bragança, ela se encontra na região pluviométrica B, conforme mapa de Portugal da Figura 17 apresentado pelo RGSPDADAR. Para esta região temos a intensidade pluviométrica  $I = 1,40 \text{ L/min.m}^2$ .

Para a determinação do caudal de cálculo para o RGSPDADAR e a EN 12056-3 as áreas de contribuição são consideradas em projeção horizontal. No entanto para cálculo pelo método da NBR 10844 as áreas são calculadas como indicado no item b da Figura 22, que leva em consideração a inclinação da superfície.

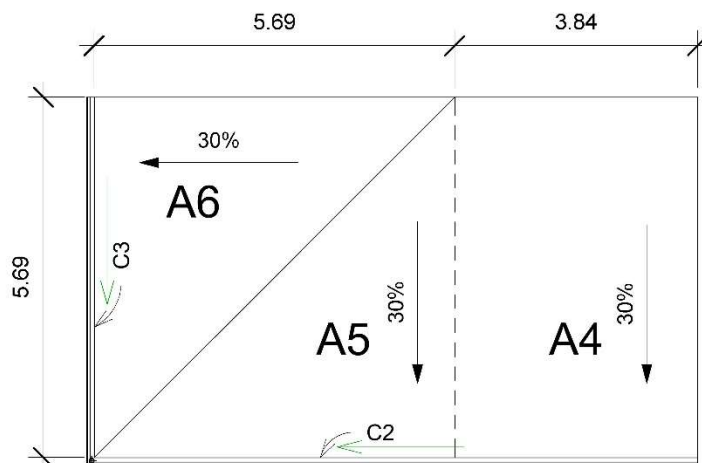
O dimensionamento pelo Regulamento português das caleiras é realizado com emprego da equação de Manning-Strickler (10). Considerando escoamento a 7/10 da altura da caleira, como indica o RGSPDADAR, a equação de Manning-Strickler pode ser escrita como indica a equação (34).

$$Q_p = K_s \times 0,24498 \times D_{int}^2 \times (0,19349 \times D_{int})^{2/3} \times i^{1/2} \quad (34)$$

As caleiras presentes no edifício são consideradas como longas pelos critérios da EN 12056-3 apresentados no capítulo 3.2.3. Portanto, é necessária aplicação do fator de capacidade ( $F_L$ ) no dimensionamento das caleiras, sendo esse valor obtido para as caleiras do projeto através de interpolação dos valores apresentados na Tabela 23 (*ver* Capítulo 3, p.62). Se tratando de caleiras semicirculares sua capacidade é determinada pela equação (23) (*ver* Capítulo 3, p.61). A calha de piso possui grelha, portanto sua capacidade é multiplicada por 0,5.



**Figura 27. Áreas a drenar - Cobertura principal.**



**Figura 28. Áreas a drenar - Cobertura anexo.**

O dimensionamento das calceiras de acordo com NBR 10844 é realizado com base na Tabela 36 (ver Capítulo 3, p.83), uma vez que são adotadas calceiras semicirculares

com coeficiente de rugosidade ( $n$ ) de 0,011, por se tratar de material plástico. Para as caixas deste projeto não é necessária utilização dos coeficientes multiplicativos da Tabela 34 (*ver* Capítulo 3, p.82) pois nenhuma caixa possui saída a menos de 4,0 m de sua saída.

A equação (19) (*ver* Capítulo 3, p.45) é empregada para dimensionamento dos tubos de queda pelo RGSPDADAR. Pela EN 12056-3 se utiliza a equação de Wyly-Eaton (27) (*ver* Capítulo 3, p.64), para a qual foi considerada taxa de ocupação de 0,33. Por sua vez a NBR 10844 se utiliza de método gráfico para dimensionamento dos tubos de queda pluviais, sendo empregado o ábaco da Figura 24 (*ver* Capítulo 3, p.84), por se considerar que a saída da caixa será realizada em aresta viva.

Os coletores prediais são dimensionados a seção-cheia pela equação de Manning-Strickler (10) (*ver* Capítulo 3, p.37) para o RGSPDADAR. Para a Norma Europeia foi empregada a Tabela 21 (*ver* Capítulo 3, p.59), considerando-se, portanto, taxa de ocupação de 70%. Já para a Norma Brasileira determina-se o diâmetro dos coletores com auxílio da Tabela 37 (*ver* Capítulo 3, p. 84).

As águas pluviais provenientes dos coletores prediais CPp2, CPp3 e CPp4, que se localizam no Piso -1, serão bombeadas para o nível do Piso 0 (nível do arruamento). O dimensionamento das bombas foi realizado somando-se os caudais a montante para determinação dos caudais bombados, ao qual se soma 20% por segurança, e então determinando-se as perdas de carga na tubagem de compressão para determinação da altura manométrica, que também é acrescida em 20% (PEDROSO, 2016).

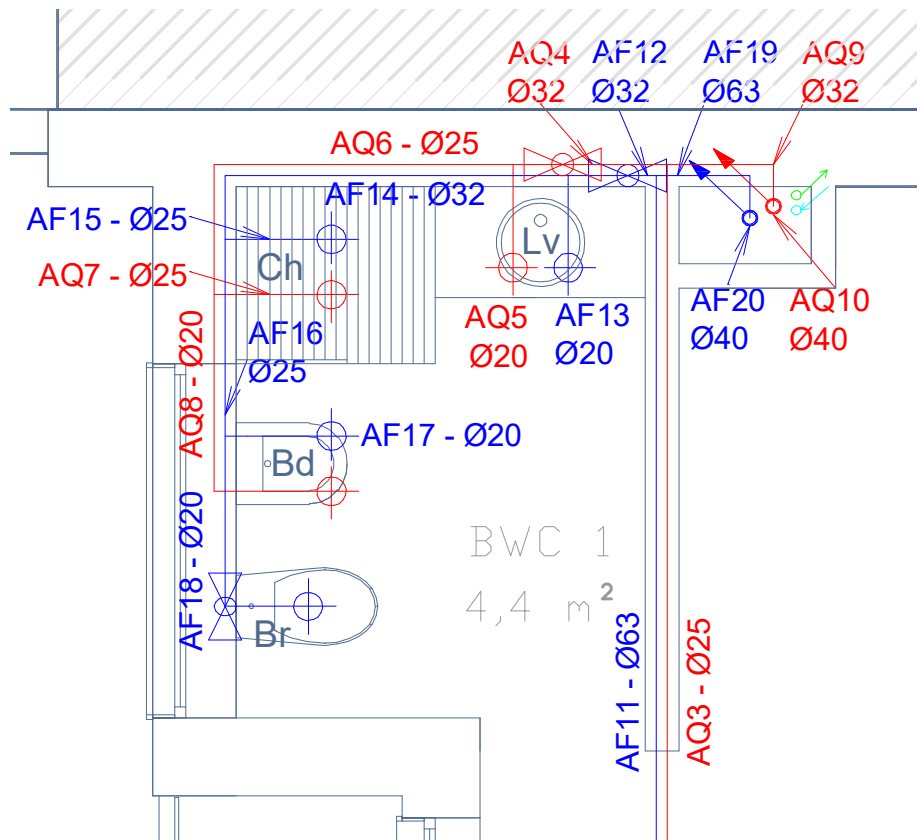
Os valores obtidos foram então utilizados para determinação da potência da bomba, tendo sido procurada posteriormente uma solução comercial de bomba para águas pluviais.

# Capítulo 5.

## Resultados e discussão

### 5.1. Sistema predial de abastecimento de água

As plantas completas com os traçados dos sistemas de abastecimento e os DN determinados através de cada método de dimensionamento são apresentadas no Anexo B deste trabalho. Um exemplo para o BWC1 é apresentado na Figura 29.



**Figura 29. Rede de abastecimento de água fria e quente no BWC 1 conforme RGSPDADAR.**

Os dimensionamentos detalhados da rede de abastecimento de água seguindo os diferentes métodos são apresentados no Anexo D, na Tabela D.1 para o método do Regulamento Português, na Tabela D.2 para o método simplificado da Norma Europeia, e na Tabela D.3 seguindo o método da Norma Brasileira.

Como descrito no capítulo 4.2.1 a verificação das pressões nas redes de abastecimento foi realizada arbitrando no aparelho mais desfavorável a pressão mínima

exigida pela norma em questão, e então pela soma das perdas de carga ao longo do sistema é determinada a pressão necessária à entrada da rede.

Considerou-se como o aparelho mais desfavorável o chuveiro do BWC 2, no Piso 1, mais especificamente a tubagem de água quente que alimenta esse aparelho, indicada no dimensionamento como AQ17, por se tratar do aparelho situado à maior cota, e o mais distante da entrada da rede, havendo, portanto, maior perda de carga nas tubagens a montante. Os cálculos realizados validaram tal consideração.

A Tabela 41 apresenta um compilado dos diâmetros obtidos pelos métodos de dimensionamentos do RGSPDADAR, da EN 806 e da NBR 5626, bem como os diâmetros internos correspondentes e as velocidades obtidas em cada troço, as quais estão dentro dos limites impostos por cada regulamentação. Na tabela estão destacados em azul os troços nos quais os DN resultaram iguais entre duas das regulamentações e em vermelho os diâmetros que diferem dos demais.

**Tabela 41. Resumo dos DN da rede de abastecimento pelos métodos do RGSPDADAR, EN 806-3 e NBR 5626**

Troço	RGSPDADAR			EN 806-3			NBR 5626		
	DN	$D_{int}$	v	DN	$D_{int}$	v	DN	$D_{int}$	v
	[mm]	[mm]	[m/s]	[mm]	[mm]	[m/s]	[mm]	[mm]	[m/s]
<b>PISO 0</b>									
AF1	63	42	1,18	50	33,2	1,39	50	33,2	1,57
AF2	32	21,2	1,03	32	21,2	1,42	20	13,2	1,39
AF3	63	42	1,14	50	33,2	1,39	50	33,2	1,55
AF4	20	13,2	1,22	16	10,6	1,13	20	13,2	1,20
AF5	63	42	1,14	50	33,2	1,39	50	33,2	1,54
AF6	20	13,2	1,22	16	10,6	1,13	20	13,2	1,20
AF7	63	42	1,13	50	33,2	1,33	50	33,2	1,53
AF8	25	16,6	0,95	16	10,6	2,27	25	16,6	1,39
AF9	63	42	1,12	50	33,2	1,33	50	33,2	1,49
AF10	25	16,6	1,11	16	10,6	2,27	20	16,6	1,16
AF11	63	42	1,10	50	33,2	1,33	50	33,2	1,46
AF12	32	21,2	1,03	25	16,6	1,34	25	16,6	1,45
AF13	20	13,2	1,22	16	10,6	1,13	20	16,6	0,76
AF14	32	21,2	0,90	20	13,2	1,97	20	13,2	1,96
AF15	25	16,6	0,95	16	10,6	2,27	20	13,2	1,39
AF16	25	16,6	1,11	20	13,2	1,46	20	13,2	1,39
AF17	20	13,2	1,22	16	10,6	1,13	20	13,2	0,69

Troço	RGSPDADAR			EN 806-3			NBR 5626		
	DN	$D_{int}$	v	DN	$D_{int}$	v	DN	$D_{int}$	v
	[mm]	[mm]	[m/s]	[mm]	[mm]	[m/s]	[mm]	[mm]	[m/s]
AF18	20	13,2	1,22	16	10,6	1,13	20	13,2	1,20
AF19	63	42	1,06	50	33,2	1,27	50	33,2	1,41
<b>PISO 1</b>									
AF20	40	26,6	0,93	32	21,2	1,56	32	21,2	1,40
AF21	32	21,2	0,90	32	21,2	1,25	25	16,6	1,58
AF22	25	16,6	1,24	20	13,2	2,92	25	16,6	1,39
AF23	20	13,2	1,22	16	10,6	1,13	20	13,2	1,20
AF24	32	21,2	1,14	25	16,6	1,48	25	16,6	1,64
AF25	25	16,6	1,11	20	13,2	1,46	20	13,2	1,39
AF26	20	13,2	1,22	16	10,6	1,13	20	13,2	1,20
AF27	20	13,2	1,22	16	10,6	1,13	20	13,2	0,69
AF28	32	21,2	0,90	20	13,2	1,97	25	16,6	1,39
AF29	25	16,6	0,95	16	10,6	2,27	20	13,2	1,39
AF30	25	16,6	1,11	20	13,2	1,46	20	13,2	1,70
AF31	20	13,2	1,22	16	10,6	1,13	20	13,2	1,20
AF32	20	13,2	1,22	16	10,6	1,13	20	13,2	1,20
<b>PISO -1</b>									
AF33	63	42	0,99	40	26,6	1,98	50	33,2	1,29
AF34	50	33,2	0,84	40	26,6	1,35	32	21,2	1,45
AF35	25	16,6	1,11	16	10,6	2,27	25	16,6	1,39
AF36	40	26,6	1,23	32	21,2	1,98	25	16,6	1,91
AF37	32	21,2	1,03	25	16,6	2,31	20	13,2	1,39
AF38	40	26,6	1,03	32	21,2	1,84	25	16,6	1,70
AF39	32	21,2	1,03	25	16,6	2,31	20	13,2	1,39
AF40	32	21,2	1,24	32	21,2	1,56	25	16,6	1,45
AF41	25	16,6	1,11	16	10,6	2,27	25	16,6	1,16
AF42	32	21,2	1,03	25	16,6	2,31	20	13,2	1,39
AF43	63	42	0,82	40	26,6	1,71	50	33,2	1,15
AF44	40	26,6	1,21	32	21,2	1,84	32	21,2	1,82
AF45	50	33,2	1,06	40	26,6	1,49	50	33,2	0,88
AF46	40	26,6	1,21	32	21,2	1,84	32	21,2	1,82
AF47	40	26,6	1,10	32	21,2	1,70	25	16,6	1,86
AF48	32	21,2	1,03	16	10,6	1,13	20	13,2	1,39
AF49	40	26,6	0,88	32	21,2	1,70	25	16,6	1,64
AF50	25	16,6	0,95	16	10,6	2,27	20	13,2	1,39
AF51	32	21,2	1,24	32	21,2	1,56	25	16,6	1,39
AF52	20	13,2	1,22	16	10,6	1,13	20	13,2	1,20
AF53	32	21,2	1,14	32	21,2	1,47	20	13,2	1,83
AF54	20	13,2	1,22	16	10,6	1,13	20	13,2	1,20

Troço	RGSPDADAR			EN 806-3			NBR 5626		
	DN	$D_{int}$	v	DN	$D_{int}$	v	DN	$D_{int}$	v
	[mm]	[mm]	[m/s]	[mm]	[mm]	[m/s]	[mm]	[mm]	[m/s]
AF55	32	21,2	1,03	25	16,6	2,31	20	13,2	1,39
<b>PISO 0</b>									
AQ1	20	13,2	1,22	16	10,6	1,13	20	13,2	1,20
AQ2	20	13,2	1,22	16	10,6	1,13	20	13,2	1,83
AQ3	25	16,6	1,11	20	13,2	1,46	20	13,2	2,19
AQ4	32	21,2	0,90	20	13,2	1,97	20	13,2	1,96
AQ5	20	13,2	1,22	16	10,6	1,13	20	13,2	1,20
AQ6	25	16,6	1,24	20	13,2	1,75	20	13,2	1,55
AQ7	25	16,6	0,95	16	10,6	2,27	20	16,6	0,88
AQ8	20	13,2	1,22	16	10,6	1,13	20	13,2	0,69
AQ9	32	21,2	1,14	25	16,6	1,48	25	16,6	1,86
<b>PISO 1</b>									
AQ10	40	26,6	0,82	32	21,2	1,47	32	21,2	1,23
AQ11	32	21,2	0,90	32	21,2	1,25	25	16,6	1,58
AQ12	25	16,6	1,24	20	13,2	2,92	25	16,6	1,39
AQ13	20	13,2	1,22	16	10,6	1,13	20	13,2	1,20
AQ14	32	21,2	0,90	20	13,2	1,97	25	16,6	1,24
AQ15	20	13,2	1,22	16	10,6	1,13	20	13,2	0,69
AQ16	25	16,6	1,24	20	13,2	1,75	25	16,6	1,16
AQ17	25	16,6	0,95	16	10,6	2,27	20	13,2	1,39
AQ18	20	13,2	1,22	16	10,6	1,13	20	13,2	1,20
<b>PISO -1</b>									
AQ19	40	26,6	1,10	32	21,2	1,70	32	21,2	1,68
AQ20	25	16,6	1,24	20	13,2	1,75	20	13,2	1,83
AQ21	25	16,6	0,95	16	10,6	2,27	20	13,2	1,39
AQ22	20	13,2	1,22	16	10,6	1,13	20	13,2	1,20
AQ23	40	26,6	1,21	32	21,2	1,84	32	21,2	1,82

Analisando os dados percebemos grande disparidade entre os resultados obtidos para cada normativa. Em nenhum dos 78 troços foi obtido um mesmo diâmetro seguindo os três métodos, enquanto em 20 deles (25,64% do total) foi obtido um resultado diferente para cada método.

Em todos os troços o DN obtido pelo método do Regulamento Português é maior ou igual aos diâmetros obtidos pelos outros dois métodos, nunca menor. De modo geral pode-se observar também que os diâmetros obtidos pelo método da Norma Europeia são os menores entre os três métodos.

A Tabela 42 apresenta um resumo da comparação entre os DN obtidos, elencado o número de troços que são iguais para cada par de métodos e suas porcentagens perante o total.

**Tabela 42. Dados comparativos entre DN obtidos pelo RGSPDADAR, EN 806 e NBR 5626**

Comparação	N.º de troços	Porcentagem do total
RGSPDADAR = EN = NBR	0	0,00%
RGSPDADAR = EN	6	7,69%
RGSPDADAR = NBR	28	35,90%
NBR = EN	24	30,77%
RGSPDADAR ≠ EN ≠ NBR	20	25,64%

Sendo assim os métodos que resultaram em maior número de diâmetros iguais foram o RGSPDADAR e a NBR 5626, tendo uma correspondência de 35,90%.

A partir dos resultados obtidos no dimensionamento percebe-se ainda que a exigência do Regulamento Português e da Norma Europeia em relação à pressão disponível nos pontos de utilização é bastante mais elevada que a requerida pela Norma Brasileira (10 m.c.a. contra 1 m.c.a., respectivamente).

**Tabela 43. Pressões mínimas requeridas na rede de abastecimento segundo o RGSPDADAR, EN 806 e NBR 5626**

	RGSPDADAR	EN 806-3	NBR 5626
Pressão mínima no aparelho mais desfavorável (m.c.a.)	10,00	10,00	1,00
Pressão necessária na entrada da rede (m.c.a.)	26,42	32,28	24,86

A NBR 5626 apresenta 1 m.c.a. como valor de pressão mínima a se garantir nos pontos de utilização, no entanto indica ainda que sejam verificados junto aos fabricantes as pressões mínimas junto ao aparelho, ficando a cargo do projetista determinar um modelo. Considerando por exemplo o chuveiro DOCOLHEAVEN Q200 da marca brasileira Docol (Anexo G) é indicada uma pressão entre 2 e 40 m.c.a. para correto funcionamento do aparelho. Para garantir tal pressão ao chuveiro no ponto mais desfavorável é necessária uma pressão à entrada da rede de 25,86 m.c.a., que ainda está dentro dos valores indicados pela NBR 12218.

Mesmo se valendo do mesmo método de contabilização das perdas de carga elas resultaram em valores maiores para a EN 806-3 que para o RGSPDADAR, o que se deve ao emprego de menores diâmetros na Norma Europeia, fato que aumenta as perdas de carga ao longo do sistema.

Para termos de comparação ainda foi verificada qual seria a pressão necessária à entrada da rede para garantir 10 m.c.a. no ponto mais desfavorável pelo método de cálculo da Norma Brasileira. Neste caso seria preciso 33,86 m.c.a. na conexão com a rede pública. Perecebe-se portanto que as perdas de carga ao longo do sistema são maiores para a NBR 5626, o que pode-se explicar pela contabilização de todas as perdas de carga singulares, enquanto nos outros dimensionamentos foi considerado acréscimo de 20% nas perdas das singularidades.

## 5.2. Sistema predial de drenagem de águas residuais

As plantas com os sistemas de drenagem de águas residuais e os DN calculados por cada método de são apresentadas no Anexo B deste trabalho. Para exemplificar é mostrado o resultado obtido para o BWC1 pelo RGSPDADAR na Figura 30.

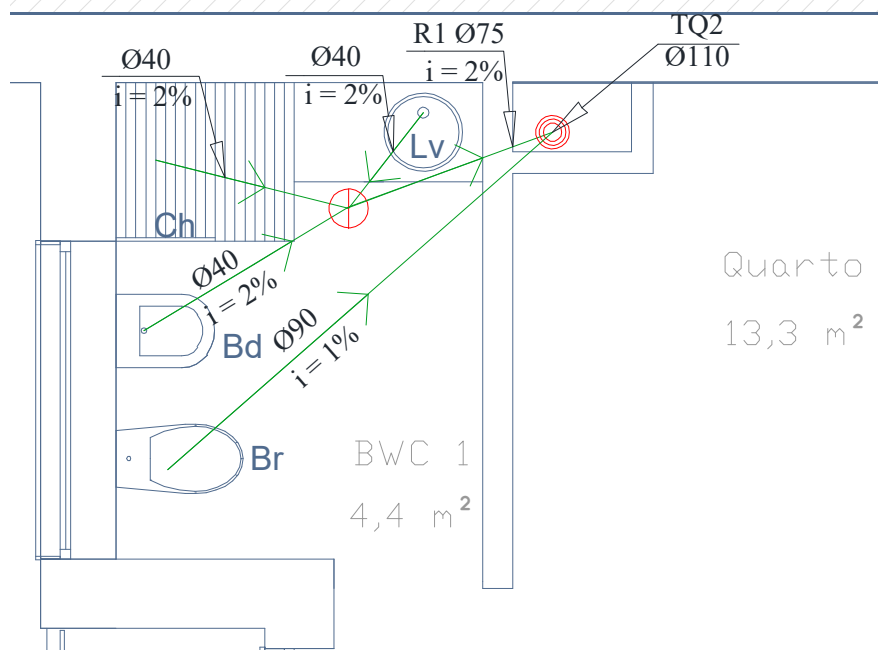


Figura 30. Rede de drenagem de águas residuais BWC 1 pelo RGSPDADAR.

### 5.2.1 Regulamento Português

Para os ramais individuais o RGSPDADAR indica os valores mínimos apresentados na Tabela 5 (ver Capítulo 3, p.35), sendo estes valores considerados como os diâmetros internos das tubagens.

Os resultados do dimensionamento dos ramais não individuais de esgoto são apresentados na Tabela 44.

Tabela 44. Dimensionamento dos ramais de descarga não-individuais pelo RGSPDADAR

Ramal	Aparelhos	$Q_{acum}$ [L/min]	$Q_r$ [L/min]	$i$ [m/m]	$D_{calc}$ [mm]	DN [mm]	Tipo de Escoamento
R1	Ch+Lv+Bd	90	81,69	0,02	58,46	75	Meia Secção
R2	Ch+Lv	60	65,76	0,02	53,90	75	Meia Secção
R3	Bd+Ba+Lv	120	95,29	0,02	61,94	75	Meia Secção
R4	Ch+Lv	60	65,76	0,02	53,90	75	Meia Secção

Os resultados do dimensionamento dos tubos de queda de águas residuais pelo Decreto Regulamentar n.º 23/95 são apresentados na Tabela 45.

**Tabela 45. Dimensionamento dos tubos de queda pelo RGSPDADAR**

Tubo	Proveniência		$Q_{acum}$	$Q_r$	Taxa de ocupação	DN [mm]
	Ramais não individuais	Ramais individuais	[L/min]	[L/min]		
TQ1	R2	2Br+Lv	270	147,07	1/6	<b>110</b>
TQ2	R1+R3	2Br	420	186,31	1/6	<b>110</b>
TQ3	-	L1+M1	90	81,69	1/6	<b>90</b>

Os resultados do dimensionamento dos coletores prediais de águas residuais pelo são apresentados na Tabela 46.

**Tabela 46. Dimensionamento dos coletores prediais pelo RGSPDADAR**

Coletor	Proveniência	$Q_{acum}$	$Q_r$	$i$	$D_{calc}$	DN	Tipo Escoamento
		[L/min]	[L/min]	[m/m]	[mm]	[mm]	
CPr1	TQ2	420	186,31	0,01	90,70	<b>110</b>	Meia Secção
CPr2	TQ3	90	81,69	0,01	66,58	<b>110</b>	Meia Secção
CPr3	CPr1+CPr2	510	206,71	0,01	94,30	<b>110</b>	Meia Secção
CPr4	CPr3+TQ1	780	259,49	0,01	102,70	<b>110</b>	Meia Secção
CPr5	CPr4	780	259,49	0,01	102,70	<b>110</b>	Meia Secção
CPr6	R4+Br	150	107,38	0,01	73,77	<b>110</b>	Meia Secção
CPr7	CPr5+Mr	210	128,56	0,01	78,92	<b>110</b>	Meia Secção
CPr8	L1	30	45,38	0,01	53,40	<b>110</b>	Meia Secção
CPr9	CPr6+L1	240	138,09	0,01	81,06	<b>110</b>	Meia Secção
CPr10	CPr9+CPr5	1020	299,55	0,01	108,38	<b>125</b>	Meia Secção
RLr	CPr10	1020	299,55	0,01	108,38	<b>125</b>	Meia Secção

A inclinação de 1%, como indicada na Tabela 46, é a utilizada para verificação da capacidade de autolimpeza das tubagens, apresentada na Tabela 47.

**Tabela 47. Verificação da capacidade de autolimpeza das tubagens do RGSPPDADAR**

Ramal	$\gamma$ [N/m <sup>3</sup> ]	$R_h$ [m]	$i$ [m/m]	$\tau$ [Pa]
CPr1	9810	0,0259	0,01	2,54
CPr2	9810	0,0259	0,01	2,54
CPr3	9810	0,0259	0,01	2,54
CPr4	9810	0,0259	0,01	2,54
CPr5	9810	0,0259	0,01	2,54
CPr6	9810	0,0259	0,01	2,54
CPr7	9810	0,0259	0,01	2,54
CPr8	9810	0,0259	0,01	2,54
CPr9	9810	0,0259	0,01	2,54
CPr10	9810	0,0297	0,01	2,91
RLr	9810	0,0297	0,01	2,91

Como verificado todos os valores das tensões de arrastamento são maiores que o requisitado de 2,45 Pa, portanto as tubagens possuem capacidade apropriada de autolimpeza.

### 5.2.2 Norma Europeia

Os resultados do dimensionamento dos ramais não individuais de esgoto seguindo a EN 12056-2 são apresentados na Tabela 48.

**Tabela 48. Dimensionamento dos ramais de descarga não-individuais segundo a EN 12056-2**

Ramal	Aparelho	$\Sigma UD$	$Q_r$ [L/min]	$D_{int,min}$ [mm]	DN [mm]
R1	Ch+Lv+Bd	1,8	40,25	50	<b>50</b>
R2	Ch+Lv	1,3	34,21	50	<b>50</b>
R3	Bd+Ba+Lv	1,8	40,25	50	<b>50</b>
R4	Ch+Lv	1,3	34,21	50	<b>50</b>

Os resultados do dimensionamento dos tubos de queda de águas residuais pela Norma Europeia são apresentados na Tabela 49.

**Tabela 49. Dimensionamento dos tubos de queda segundo a EN 12056-2**

Tubo	Proveniência		$\Sigma UD$	$Q_{\max}$ [L/min]	$D_{int,min}$ [mm]	DN [mm]
	Ramais não individuais	Ramais individuais				
TQ1	R2	2Br+Lv	5,8	72,25	100	<b>110</b>
TQ2	R1+R3	2Br	7,6	82,70	100	<b>110</b>
TQ3	-	L+Ml	1,6	37,95	70	<b>75</b>

Como o sistema é do Tipo I e são ligadas bacias de retrete aos tubos de queda 1 e 2 a EN12056-2 define que o DN mínimo para eles deve ser de 100 mm, conforme Tabela 18 (ver Capítulo 3, p.58), sendo adotado o DN comercial de 110 mm.

Os resultados do dimensionamento dos coletores prediais de águas residuais são apresentados na Tabela 50.

**Tabela 50. Dimensionamento dos coletores prediais segundo a EN 12056-2**

Coletor	Proveniência	$\Sigma UD$	$Q_r$ [L/min]	$i$ min [m/m]	$D_{int,min}$ [mm]	DN [mm]
CPr2	TQ3	1,60	37,95	0,005	100	<b>110</b>
CPr3	CPr1+CPr2	9,20	90,99	0,005	100	<b>110</b>
CPr4	CPr3+TQ1	15,00	116,19	0,01	100	<b>110</b>
CPr5	CPr4	15,00	116,19	0,01	100	<b>110</b>
CPr6	R4+Br	3,30	54,50	0,005	100	<b>110</b>
CPr7	CPr5+Mr	4,10	60,75	0,005	100	<b>110</b>
CPr8	Ll	0,8	26,83	0,005	100	<b>110</b>
CPr9	CPr6+Ll	4,90	66,41	0,005	100	<b>110</b>
CPr10	CPr9+CPr5	19,90	133,83	0,01	100	<b>110</b>
RLr	CPr10	19,90	133,83	0,01	100	<b>110</b>

As inclinações indicadas na Tabela 50 são as mínimas determinadas no dimensionamento dos coletores a partir da Tabela 20 (ver Capítulo 3, p.59), mas na realidade para todos os troços foi adotada inclinação de 1% de forma a padronizar o projeto.

### 5.2.3 Norma Brasileira

Os resultados do dimensionamento dos ramais não individuais de esgoto segundo a Norma Brasileira são apresentados na Tabela 51.

**Tabela 51. Dimensionamento dos ramais de descarga não-individuais pela NBR 8160**

Ramal	Aparelho	$\Sigma$ UHC	DN [mm]
R1	Ch+Lv+Bd	4	50
R2	Ch+Lv	3	40
R3	Bd+Ba+Lv	4	50
R4	Ch+Lv	3	40

Os resultados do dimensionamento dos tubos de queda de águas residuais pela NBR 8160 são apresentados na Tabela 52.

**Tabela 52. Dimensionamento dos tubos de queda pela NBR 8160**

Tubo	Proveniência		$\Sigma$ UHC	DN [mm]
	Ramais não individuais	Ramais individuais		
TQ1	R2	2Br+Lv	16	110
TQ2	R1+R3	2Br	20	110
TQ3	-	Ll+Ml	5	50

Os resultados do dimensionamento dos coletores prediais de águas residuais pelo método brasileiro são apresentados na Tabela 53.

**Tabela 53. Dimensionamento dos coletores prediais pela NBR 8160**

Coletor	Proveniência	$\Sigma$ UHC	$i$ min [m/m]	DN [mm]
CPr1	TQ2	12	0,01	110
CPr2	TQ3	5	0,01	110
CPr3	CPr1+CPr2	17	0,01	110
CPr4	CPr3+TQ1	29	0,01	110
CPr5	CPr4	29	0,01	110
CPr6	R4+Br	6	0,01	110
CPr7	CPr5+Mr	9	0,01	110
CPr8	Ll	3	0,01	110
CPr9	CPr6+Ll	12	0,01	110
CPr10	CPr9+CPr5	41	0,01	110
RLr	CPr10	41	0,01	110

Os somatórios das UHC para cada trecho dos coletores são diferentes dos somatórios para as tubagens a jusante dele (por exemplo para o TQ2  $\sum UHC = 16$ , mas no CPr1 temos  $\sum UHC = 12$ ) pois a NBR indica que apenas o aparelho com maior descarga seja somado para dimensionamento dos coletores. Portanto, nos coletores onde deságuam apenas as águas das casas de banho são consideradas apenas as bacias de retrete de cada casa de banho, e posteriormente as UHC destes aparelhos são somadas às UHC das pias residências e máquinas de lavar roupa e louças de acordo com o traçado de cada coletor.

A Norma Brasileira exige a instalação de câmaras de retenção de gordura sempre que houver uma cozinha ou similar, portanto no projeto devem ser instaladas duas câmaras como dimensionadas na Tabela 54, sendo uma na cozinha no Piso 0 e uma no Barbecue, no Piso -1.

**Tabela 54. Dimensionamento das câmaras de retenção de gordura pela NBR 8160**

Câmara de gordura	N.º de cozinhas	Tipo adotado	$D_{int}$ da caixa [m]	Parte submersa do septo [m]	Capacidade de Retenção [L]	DN mín. de saída [mm]
1 (cozinha)	1	CGP	0,3	0,2	18	75
2 (barbecue)	2	CGP	0,3	0,2	18	75

### 5.2.4 Comparações entre os dimensionamentos

Para comparação dos métodos de dimensionamento das redes de drenagem de águas residuais domésticas seguindo o Regulamento Português, a EN 12056 e a NBR 8160 são apresentadas nas tabelas a seguir os resultados obtidos. Na Tabela 55 são apresentados os diâmetros dos ramais de descarga individuais para cada aparelho presente no projeto.

**Tabela 55. Diâmetros nominais obtidos dos ramais de descarga individuais**

Aparelho sanitário	RGSPDADAR		EN 12056-2		NBR 8160	
	$Q_r$ [L/min]	DN	$Q_r$ [L/min]	DN	UHC	DN
Lavatório	30	40	30	40	1	40
Banheira	60	40	48	50	2	40
Bidé	30	40	30	40	1	40
Chuveiro com plug	30	40	48	50	2	40
Máquina lava roupas até 6 kg	60	50	48	50	3	50

Aparelho sanitário	RGSPDADAR		EN 12056-2		NBR 8160	
	$Q_r$ [L/min]	DN	$Q_r$ [L/min]	DN	UHC	DN
Pia de cozinha	30	50	48	50	3	50
Máquina lava louças	60	50	48	50	2	50
Bacia de retrete com cisterna 6,0 L	90	90	120	90	6	110

Vale ressaltar que o método apresentado pela NBR 8160 e mais amplamente aplicado nos dimensionamentos no Brasil emprega as Unidades Hunter de Contribuição, em vez de se valer diretamente dos caudais como o RGSPDADAR e a EN 12056-2.

Percebe-se que há pouca variação entre os resultados obtidos para os diâmetros dos ramais individuais entre o Regulamento Português e a Norma Europeia, sendo esta perceptível apenas no ramal da pia de cozinha e da banheira, que são de DN40 para o RGSPDADAR e DN50 para a EN 12056-2.

Já comparando a NBR 8160 com o Regulamento português, a única diferença é encontrada no DN da bacia de retrete, sendo todos os demais diâmetros iguais.

Comparando os caudais de cálculo empregados pelo Regulamento Português e pela Norma Europeia percebemos que a EN 12056 resulta em valores iguais para apenas dois aparelhos (lavatório e bidê), em menores para três aparelhos (banheira, máquina lava roupas, da máquina lava-louças), e maiores para outros três aparelhos (chuveiro, pia de cozinha e bacia de retrete).

No entanto é interessante notar que a Norma Europeia indica um caudal menor que o Regulamento Português para a banheira, mas o respectivo DN é maior. Também chama atenção o fato que os caudais indicados pelo RGSPDADAR para a banheira, máquina de lavar louça e máquina de lavar roupas são iguais (de 60 L/min), mas os DN mínimos são diferentes (40 para a banheira e 50 para as demais).

Na Tabela 56 são apresentados os diâmetros dos ramais de esgoto não individuais e os respectivos caudais para comparação.

**Tabela 56. Diâmetros nominais obtidos dos ramais de descarga não-individuais**

Ramal	RGSPDADAR		EN 12056-2		NBR 8160	
	$Q_r$ [L/min]	DN	$Q_r$ [L/min]	DN	UHC	DN
R1	81,69	75	40,25	50	4	50
R2	65,76	75	34,21	50	3	40
R3	95,29	75	40,25	50	4	50
R4	65,76	75	34,21	50	3	40

Todos os ramais resultaram em DN maiores pelo RGSPDADAR que pelas demais normas. Entre a EN 12056 e a NBR 8160 dois dos quatro diâmetros foram iguais, sendo os dois diferentes menores para a Norma brasileira.

Vale notar que os resultados apresentados na Tabela 56 para os dimensionamentos são todos para escoamento a meia-seção nos ramais de descarga, sendo este o único modo permitido pelo RGSPDADAR. No entanto a EN 12056-2 permite ainda escoamento a seção cheia ou a 70% da seção, e a NBR 5626 permite também a seção cheia ou a ¾ de seção, o que resultaria em diâmetros reduzidos em relação aos obtidos a meia seção.

Os diâmetros nominais e valores de caudal (para o RGSPDADAR e a Norma Europeia), e UHC (para a Norma Brasileira) utilizados para cálculo dos tubos de queda são apresentados na Tabela 57.

**Tabela 57. Diâmetros nominais obtidos para os tubos de queda**

Tubo de queda	RGSPDADAR		EN 12056-2		NBR 8160	
	$Q_r$ [L/min]	DN	$Q_r$ [L/min]	DN	UHC	DN
TQ1	147,07	<b>110</b>	72,25	<b>110</b>	16	<b>110</b>
TQ2	186,31	<b>110</b>	82,70	<b>110</b>	20	<b>110</b>
TQ3	81,69	<b>90</b>	37,95	<b>75</b>	5	<b>50</b>

Os DN calculados para os tubos de queda 1 e 2 são iguais para todas as Normas, sendo DN100 o mínimo aceito para tubos de queda que recebem efluentes de bacias de retrete nas três. Já no tubo de queda que recebe os efluentes da cozinha o resultado é diferente em todos os dimensionamentos, sendo pela NBR 8160 menor que pela EN 12056-2, que por sua vez é menor que pelo RGSPDADAR.

Os coletores foram os troços da rede de drenagem de águas residuais em que os diâmetros nominais obtidos obtiveram maior correspondência seguindo os diferentes métodos de dimensionamento das três regulamentações. Nove dos dez troços dos coletores têm DN igual a 110 mm, como mostra a Tabela 58, apesar das diferenças consideráveis entre os caudais de cálculo obtidos, uma vez que os caudais obtidos pelo RGSPDADAR são em geral mais de duas vezes daqueles obtidos através da EN 12056.

**Tabela 58. Diâmetros nominais obtidos para os coletores prediais e ramal de ligação**

Subcoletor	RGSPPDADAR		EN 12056-2		NBR 5	
	$Q_r$ [L/min]	DN	$Q_r$ [L/min]	DN	UHC	DN
CPr1	186,31	<b>110</b>	82,70	<b>110</b>	12	<b>110</b>
CPr2	81,69	<b>110</b>	37,95	<b>110</b>	5	<b>110</b>
CPr3	206,71	<b>110</b>	90,99	<b>110</b>	17	<b>110</b>
CPr4	259,49	<b>110</b>	116,19	<b>110</b>	29	<b>110</b>
CPr5	259,49	<b>110</b>	116,19	<b>110</b>	29	<b>110</b>
CPr6	107,38	<b>110</b>	54,50	<b>110</b>	6	<b>110</b>
CPr7	128,56	<b>110</b>	60,75	<b>110</b>	9	<b>110</b>
CPr8	45,38	<b>110</b>	26,83	<b>110</b>	3	<b>110</b>
CPr9	138,09	<b>110</b>	66,41	<b>110</b>	12	<b>110</b>
CPr10	299,55	<b>125</b>	133,83	<b>110</b>	41	<b>110</b>
RLr	299,55	<b>125</b>	133,83	<b>110</b>	41	<b>110</b>

Apenas para o CPr10 e para o RLr pelo RGSPPDADAR obteve-se um DN125 maior que os demais que são DN100.

Vale salientar que o diâmetro mínimo para coletores permitido tanto pelo RGSPPDADAR como pela NBR 8160 é de 100 mm. Por sua vez a EN 12056-2 não indica explicitamente que os coletores devem ter diâmetro mínimo de 100 mm, mas este é o menor diâmetro presente na Tabela 20 (ver Capítulo 3, p.59), apresentada na Norma para dimensionamento. Já o DN mínimo para o ramal de ligação é de 125 mm para o Regulamento Português, e de 100 mm para as demais normas.

Uma vez que o método proposto pela Norma Brasileira utiliza as Unidades Hunter para o dimensionamento, não há um valor de caudal para ser comparado com as regulamentações Portuguesa e Europeia. Comparando o RGSPPDADAR e a EN 12056-2, no entanto, existe grande diferença entre os caudais de cálculo para a maior parte dos troços, como mostrado na Tabela 59, que indica a proporção entre os caudais obtidos pelos dois métodos. Em média o caudal de cálculo para o RGSPPDADAR é 1,739 vezes maior que o obtido para a EN 12056-2 ao longo do sistema.

**Tabela 59. Proporção entre os caudais obtidos pelo RGSPDADAR e EN 12056-2**

Troço	Racio	Troço	Racio
Lv	1,00	TQ2	2,25
Ba	1,25	TQ3	2,15
Bd	1,00	CPr1	2,25
Ch	0,63	CPr2	2,15
Mr	1,25	CPr3	2,27
Ll	0,63	CPr4	2,23
Ml	1,25	CPr5	2,23
Br	0,75	CPr6	1,97
R1	2,03	CPr7	2,12
R2	1,92	CPr8	1,69
R3	2,37	CPr9	2,08
R4	1,63	CPr10	2,24
TQ1	1,64	RLr	2,24
Média: <b>1,739</b>			

Comparando todos os troços dimensionados para as águas residuais (ramais individuais, ramais não-individuais, tubos de queda, coletores e ramal de ligação), percebe-se que a maior parte (61,5%) resulta em DN iguais para as três regulamentações. Nota-se que ao contrário do que se percebeu para o abastecimento, nas residuais em apenas 2 dos 26 troços o diâmetro obtido fosse diferente para cada uma das três normas, que representa 7,7% do total.

Um resumo com as comparações é apresentado na Tabela 60, elencando o número de troços que são iguais para cada par de métodos e suas porcentagens perante o total.

**Tabela 60. Dados comparativos entre DN obtidos pelo RGSPDADAR, EN 12056-2 e NBR 8160**

Comparação	Nº de troços	Porcentagem do total
RGSPDADAR = EN = NBR	16	61,54%
RGSPDADAR = EN	1	3,85%
RGSPDADAR = NBR	2	7,69%
NBR = EN	5	19,23%
RGSPDADAR ≠ EN ≠ NBR	2	7,69%

- **Dimensionamento das bombas para recalque das águas residuais**

Os aparelhos sanitários presentes no Piso -1 e no Anexo têm seus efluentes bombeados para o Piso 0. No dimensionamento do conjunto elevatório foram calculados

os caudais a serem bombeados, as alturas manométricas de bombeamento e o DN da tubagem de compressão. Os resultados obtidos são resumidos na Tabela 61.

**Tabela 61. Resumo dos parâmetros calculados para bombas de águas residuais**

	Caudal bombeado [m³/h]	DN [mm]	Altura manométrica [m.c.a]
Regulamento Português	9,942	110	3,03
Norma Europeia	6,993	110	3,02
Norma Brasileira	8,035	110	3,02

Os cálculos detalhados realizados para determinação de tais parâmetros para as bombas para cada regulamentação são apresentados no Anexo E.

Com os resultados obtidos foi verificado junto ao fabricante Grundfos o modelo de bomba que satisfaz tais parâmetros, sendo selecionadas bombas do modelo SEG.40.09.2.50B, com capacidade para um caudal bombeado de 2,76 L/s a altura manométrica de 4,0 m. São adotadas duas bombas idênticas, com potência de 0,9 kW (1,22 cv) cada, conforme catálogo do fabricante, presente no Anexo F deste trabalho.

### 5.3. Sistema predial de drenagem de águas pluviais

#### 5.3.1 Regulamento Português

Na Tabela 62 é apresentado o cálculo realizado para dimensionamento das caleiras com escoamento a 7/10 da altura da caleira, seguindo o método proposto pelo Regulamento Português. São elencadas as áreas de contribuição que desaguam em cada caleira, bem como a área total resultante a ser usada no dimensionamento.

**Tabela 62. Dimensionamento das caleiras pelo RGSPDADAR**

Caleira	Áreas de contribuição	Área [m²]	I [L/min.m²]	$Q_p$ [L/min]	$i$ [m/m]	DN [mm]	$Q_{cal}$ [L/min]
C1	A1+A2+A3	70,33	1,4	98,455	0,005	110	104,48
C1'	A1'+A2'+A3'	70,33		98,455	0,005	110	104,48
C2	A4+A5	38,04		53,253	0,005	110	104,48
C3	A6	16,19		22,663	0,005	110	104,48
Caleira de piso	-	192,79		269,90	0,010	150	347,47

Os resultados do dimensionamento dos tubos de queda de águas residuais pelo RGSPPDADAR são apresentados na Tabela 63.

**Tabela 63. Dimensionamento dos tubos de queda pluviais pelo RGSPPDADAR**

Tubo de queda	Proveniência	$Q_{p,TQ}$ [m <sup>3</sup> /s]	Altura da lâmina líquida [m]	DN [mm]
TQP1 e TQP1'	C1+C1'	98,46	0,02	90
TQP2	C2+C3	75,92	0,02	90

Os coletores prediais de águas pluviais têm seu dimensionamento pelo método português apresentado na Tabela 64.

**Tabela 64. Dimensionamento dos coletores prediais pluviais pelo RGSPPDADAR**

Coletor (Troço)	Proveniência	$Q_p$ [L/min]	$i$ [m/m]	Tipo de Escoamento	Dcálculo [mm]	DN [mm]
CPp1	TQP1	98,46	0,01	Secção cheia	55,06	110
CPp2	TQP1	98,46	0,01		55,06	110
CPp3	TQP2	75,92	0,01		49,94	110
CPp4	Caleira de piso	269,90	0,01		80,36	110
CPp5	Bomba+CPp1	542,73	0,01		96,87	110
RLp	CPp5	542,73	0,01	96,87	125	

Apesar de ter diâmetro de cálculo igual ao último coletor predial, para o ramal de ligação é adotado um DN de 125 por se tratar do mínimo indicado para Portugal, assim como acontece nos RL de águas residuais.

### 5.2.2 Norma Europeia

O dimensionamento das caleiras seguindo as recomendações da EN 12056-3 está compilado na Tabela 65.

**Tabela 65. Dimensionamento das caleiras pela EN 12056-3**

Caleira	Área de contribuição	Área [m <sup>2</sup> ]	I [L/min. m <sup>2</sup> ]	$Q_p$ [L/min]	$i$ [m/m]	$Q_L$ [L/s]	$Q_N$ [L/s]	L/W -	$F_L$ -	DN [mm]
C1	A1+A2+A3	70,33	1,40	98,46	0,01	2,26	2,51	236,10	1,18	150
C1'	A1'+A2'+A3'	70,33	1,40	98,46	0,01	2,26	2,51	236,10	1,18	150
C2	A4+A5	38,04	1,40	53,25	0,01	0,98	1,09	186,30	1,15	110

Caleira	Área de contribuição	Área [m <sup>2</sup> ]	I [L/min. m <sup>2</sup> ]	Q <sub>p</sub> [L/min]	i [m/m]	Q <sub>L</sub> [L/s]	Q <sub>N</sub> [L/s]	L/W -	F <sub>L</sub> -	DN [mm]
C3	A6	16,19	1,40	22,66	0,01	0,90	1,00	110,00	1,06	<b>110</b>
Caleira de piso	-	192,79	1,40	269,90	0,01	5,46	12,12	25,00	1,00	<b>300</b>

Na Tabela 66 é apresentado o dimensionamento dos tubos de queda pela Norma Europeia.

**Tabela 66. Dimensionamento dos tubos de queda pluviais pela EN 12056-3**

Tubo de queda	Caleira	Q <sub>p,TQ</sub> [L/s]	DN [mm]	k [mm]	Taxa de ocupação [m]	Q <sub>tubo</sub> [L/s]
TQP1 e TQP1'	C1 e C1'	3,28	<b>75</b>	0,25	0,33	3,98
TQP2	C2+C3	1,27	<b>75</b>	0,25	0,33	3,98

O dimensionamento dos coletores prediais de águas pluviais são apresentados na Tabela 67.

**Tabela 67. Dimensionamento dos coletores prediais pluviais pela EN 12056-3**

Coletor	Proveniência	Q <sub>p</sub> [L/s]	i [m/m]	DN [mm]	Q <sub>máx</sub> [L/s]	v [m/s]
CPp1	TQP1'	3,28	0,01	<b>110</b>	4,2	0,8
CPp2	TQP1	3,28	0,01	<b>110</b>	4,2	0,8
CPp3	TQP2	1,27	0,01	<b>110</b>	4,2	0,8
CPp4	Caleira de piso	4,50	0,01	<b>125</b>	6,8	0,9
CPp5	Bomba+CPp1	9,05	0,01	<b>150</b>	12,8	1,0
RLp	CPp5	9,05	0,01	<b>150</b>	12,8	1,0

### 5.2.3 Norma Brasileira

As caleiras dimensionadas pela NBR 10844 são apresentadas na Tabela 68.

**Tabela 68. Dimensionamento das caldeiras pela NBR 10844**

Caleira	Área de contribuição	Área [m <sup>2</sup> ]	I [mm/h]	Q <sub>p</sub> [L/min]	i [m/m]	Q <sub>máx</sub> [L/min]	DN [mm]
C1	A1+A2+A3	81,57	84	114,20	0,005	130	<b>110</b>
C1'	A1'+A2'+A3'	81,57	84	114,20	0,005	130	<b>110</b>
C2	A4+A5	43,98	84	61,57	0,005	130	<b>110</b>
C3	A6	18,73	84	26,22	0,005	130	<b>110</b>
Caleira de piso	-	203,21	84	284,49	0,010	333	<b>150</b>

Os tubos de queda de águas pluviais têm seu dimensionamento apresentado na Tabela 69.

**Tabela 69. Dimensionamento dos tubos de queda pluviais pela NBR 10844**

Tubo de queda	Caleira	Q <sub>p,TQ</sub> [L/min]	Comprimento vertical [m]	Altura da lâmina de água na caldeira [mm]	DN [m m]
TQP1 e TQP1'	C1 e C1'	114,20	8,20	0,50	<b>90</b>
TQP2	C2+C3	87,79	2,60	0,50	<b>90</b>

Considerando que a NBR 10844 indica que os tubos de queda pluviais devem ter diâmetro interno de no mínimo 70 mm deve ser empregado o tubo de DN 90, que possui diâmetro interno de 84 mm.

O dimensionamento dos coletores prediais pluviais pela NBR 10844 é apresentado na Tabela 70.

**Tabela 70. Dimensionamento dos coletores prediais pela NBR 10844**

Coletor	Proveniência	Q <sub>p</sub> [L/min]	i [m/m]	D <sub>int,min</sub> [mm]	DN [mm]	Q <sub>máx</sub> [L/min]	Taxa de ocupação
CPp1	TQP1'	114,20	0,01	75	<b>110</b>	133	2/3
CPp2	TQP1	114,20	0,01	75	<b>110</b>	133	2/3
CPp3	TQP2	87,79	0,01	75	<b>110</b>	133	2/3
CPp4	Calha de piso	284,49	0,01	100	<b>110</b>	287	2/3
CPp5	Bomba+CPp1	600,69	0,01	150	<b>200</b>	847	2/3
RLp	CPp5	600,69	0,01	150	<b>200</b>	847	2/3

### 5.2.4 Comparações entre os dimensionamentos

As áreas a serem drenadas são as mesmas para todos os métodos de dimensionamento, afinal de trata do mesmo projeto, no entanto o Regulamento Português e a Norma Europeia indicam que as áreas de contribuição sejam calculadas em projeção horizontal, ou seja, ignorando as inclinações dos telhados e da rampa que permite acesso ao Piso -1 e à edícula, enquanto que a Norma Brasileira contabiliza a área inclinada destas superfícies como indicado na Figura 22, resultando portanto em valores de áreas maiores e conseqüentemente maiores caudais de projeto.

Além disto, a Norma Brasileira indica que sejam contabilizadas superfícies verticais que possam interceptar a chuva, como os muros, outro motivo pelo qual a área de contribuição para a caleira de piso contabilizada pelo método da NBR 10844 é maior que as demais.

Para facilitar a comparação entre os resultados obtidos para o dimensionamento do sistema de drenagem de águas pluviais são elaboradas tabelas resumo compilando os diâmetros nominais e os caudais de cálculo em cada elemento para cada regulamentação. Na Tabela 71 são apresentados os resultados para as caleiras.

**Tabela 71. Diâmetros nominais e caudais de cálculo para as caleiras**

Calha	RGSPDADAR		EN 12056-3		NBR 10844	
	Caudal total	DN	Caudal total	DN	Caudal total	DN
	[L/min]	[mm]	[L/min]	[mm]	[L/min]	[mm]
C1	98,46	<b>110</b>	98,46	<b>150</b>	114,20	<b>110</b>
C1'	98,46	<b>110</b>	98,46	<b>150</b>	114,20	<b>110</b>
C2	53,25	<b>110</b>	53,25	<b>110</b>	61,57	<b>110</b>
C3	22,66	<b>110</b>	22,66	<b>110</b>	26,22	<b>110</b>
Caleira de piso	269,90	<b>150</b>	269,90	<b>300</b>	284,49	<b>150</b>

Interessante notar que para o mesmo caudal, o Regulamento Português resulta em caleiras menores que para a Norma Europeia, algo oposto ao que foi observado nos dimensionamentos das redes de abastecimento e de águas residuais, onde os DN pela Norma Europeia eram geralmente menores.

O dimensionamento das caleiras pelo método da EN 12056-3 se destaca por sua complexidade em relação aos métodos do RGSPDADAR e da NBR 10844. Este

método, ao contrário dos demais, leva em conta outros parâmetros, como o comprimento da caleira (L), algo que pode explicar as diferenças no resultado do dimensionamento.

Para a caleira de piso também se percebe um valor bastante mais elevado para o dimensionamento pela EN 12056-3. Um dos fatores para tanto é o emprego do fator de 0,5 que multiplica a capacidade desta caleira por haver uma grelha, algo que não é levado em consideração nas outras duas normas.

Pode-se perceber também que apesar do caudal de cálculo para a Norma Brasileira ser maior que os demais isso não se traduz na dimensão da caleira, que é igual às obtidas pelo Regulamento Português em todos os casos, e menor que as obtidas para a Norma Europeia.

Para os tubos de queda os resultados são compilados na Tabela 72.

**Tabela 72. Diâmetros nominais e caudais de cálculo para os tubos de queda pluviais**

Tubo de queda	RGSPDADAR		EN 12056-3		NBR 10844	
	Caudal total	DN	Caudal total	DN	Caudal total	DN
	[L/min]	[mm]	[L/min]	[mm]	[L/min]	[mm]
TQP1 e TQP1'	98,46	90	98,46	75	114,2	90
TQP2	75,92	90	75,92	75	87,79	90

Igualmente para os tubos de queda os diâmetros obtidos para o RGSPDADAR e para a NBR 10844 são iguais, mesmo com a diferença de caudais. Já os diâmetros obtidos para a EN 12056-3 são menores que os demais, voltando a repetir o padrão observado no dimensionamento das tubagens de abastecimento e residuais.

Os resultados obtidos no dimensionamento dos coletores prediais pluviais estão dispostos na Tabela 73.

**Tabela 73. Diâmetros nominais e caudais de cálculo para os coletores pluviais**

Coletor (Troço)	RGSPDADAR		EN 12056-3		NBR 10844	
	Caudal total	DN	Caudal total	DN	Caudal total	DN
	[L/min]	[mm]	[L/min]	[mm]	[L/min]	[mm]
CPp1	98,46	110	98,46	110	114,20	110
CPp2	98,46	110	98,46	110	114,20	110
CPp3	75,92	110	75,92	110	87,79	110
CPp4	269,90	110	269,90	125	284,49	110
CPp5	542,725	110	542,72	150	600,69	200
RLp	542,725	125	542,72	150	600,69	200

Para os três primeiros coletores de águas residuais os diâmetros obtidos foram iguais a 110 mm para as três regulamentações. No entanto para caudais maiores percebe-se uma disparidade entre os resultados obtidos, começando pelo coletor que conecta a caleira de piso à bomba, que resulta em DN125 para a Norma Europeia e DN110 para as demais normas. Para um caudal ainda maior (no CPp5) temos diâmetros diferentes para cada norma, sendo o obtido pelo RGSPDADAR o menor e o da NBR 10844 o maior, com bastante diferença de tamanho.

Tais diferenças são explicadas pelo fato que pelo RGSPDADAR os coletores são dimensionados para escoamento a seção cheia, enquanto na EN 12056-3 é por escoamento a 70% da seção e para a NBR 10844 é a 2/3 de seção.

Considerando o sistema de águas pluviais como um todo (caleiras, tubos de queda, coletores e ramal de ligação), foram dimensionados um total de 13 troços. Obteve-se em 5 destes 13 o mesmo DN para as três regulamentações, enquanto em 2 troços foram obtidos DN diferentes para cada uma.

A Tabela 74 apresenta um compilado destas comparações gerais, com os números de troços que resultaram iguais entre as três ou a cada par de regulamentações, e a tradução destes números na porcentagem geral do sistema de águas pluviais.

**Tabela 74. Dados comparativos entre os DN obtidos pelo RGSPDADAR, EN 12056-3 e NBR 10844**

Comparação	Nº de troços	Porcentagem do total
RGSPDADAR = EN = NBR	5	38,46%
RGSPDADAR = EN	0	0,00%
RGSPDADAR = NBR	6	46,15%
NBR = EN	0	0,00%
RGSPDADAR ≠ EN ≠ NBR	2	15,38%

- **Dimensionamento das bombas para recalque das águas pluviais do Piso -1**

Para determinação das bombas de recalque das águas pluviais do Piso -1 foram calculados os caudais a serem bombeados e as alturas manométricas de bombeamento, bem como o DN da tubagem de compressão. Um resumo com os parâmetros determinados é apresentado na Tabela 75.

**Tabela 75. Resumo dos parâmetros calculados para bombas de águas pluviais**

	<b>Caudal bombeado [m<sup>3</sup>/h]</b>	<b>DN</b>	<b>Altura manométrica [m.c.a.]</b>
Regulamento Português	31,99	<b>110</b>	3,23
Norma Europeia	31,99	<b>110</b>	3,23
Norma Brasileira	35,03	<b>110</b>	3,26

Após verificação junto ao fabricante de bombas Grundfos foram adotadas duas bombas do modelo SL1.50.65.09.2.50B, cada uma com potência de 0,9 kW (1,22 cv), com capacidade de bombear 35,03 m<sup>3</sup>/h e altura manométrica de elevação de 4,0 m.

Vale ressaltar que apesar do mesmo valor de potência de bombas comerciais para as águas residuais e águas pluviais, as bombas adotadas são de modelos diferentes em função do tipo de águas a serem bombeadas.

Os cálculos detalhados das bombas para cada regulamentação são apresentados no Anexo E, junto aos cálculos das bombas de águas residuais. O catálogo da bomba utilizada pode ser encontrado no Anexo F.

# Capítulo 6.

## Conclusões e Proposta para Trabalhos Futuros

### 6.1. Conclusões

Considerando o objetivo desta dissertação de dimensionar as redes prediais com base nas regulamentações portuguesa, europeia e brasileira, pode-se perceber que não há consenso entre os métodos de cálculo a empregar ou mesmo em relação aos parâmetros que devem ser garantidos para atender aos níveis de conforto do usuário. Os resultados obtidos apresentam grandes discordâncias, uma vez que em geral poucas vezes foram o mesmo DN para as três normas, seja por diferença nos caudais de cálculo, pelas diferentes equações aplicadas ou pelos diferentes DN mínimos exigidos em cada caso.

As Normas Europeias são mais recentes que o Regulamento Português e que as Normas brasileiras (exceto para abastecimento de água), e apresentam tendência de simplificação nos métodos de dimensionamento (tendo as caleiras como exceção), além de serem algumas vezes menos exigentes em questão de dimensões das tubagens. Por sua vez o Regulamento Português de 1995 é quase sempre o mais conservador nas dimensões obtidas.

Sendo Portugal membro do CEN é discutida a aplicação das Normas Europeias no país, mas as diferenças entre estas normas e o Regulamento Português ainda podem gerar incertezas e dúvidas no dimensionamento.

Considerando a profunda relação histórica e elevado número de brasileiros residentes em Portugal, entre eles muitos estudantes e profissionais de engenharia, é interessante perceber as diferenças entre os dimensionamentos das redes nos dois países. Questões como o clima, a pluviometria da região, os materiais disponíveis no mercado local e as técnicas construtivas mais recorrentes irão impactar, direta ou indiretamente, a concepção e dimensionamento dos sistemas, devendo o projetista estar atento a tais verificações.

Como indicado por Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017), tendo em vista as mudanças climáticas que assolam o planeta e geram transtornos, como a escassez de água,

os edifícios devem se adaptar e atuar de forma a ajudar a mitigar tais problemas. Questões como o aquecimento de água por energia solar devem ser encorajadas, uma vez que a queima de combustíveis fósseis para aquecimento de água é um dos maiores contribuintes para a poluição. Soluções como o uso de reservatórios de água são válidas contra a escassez de água nos horários de pico, e outras respostas como reuso de águas pluviais e coberturas verdes devem ser consideradas.

Além disso, o processo de captação, transporte e tratamento de águas apresenta elevado custo energético, estimado em até 2% da energia do mundo (ALLIANCE, 2002), portanto um dimensionamento otimizado das instalações pode mitigar parte dos impactos gerados. Esse dimensionamento deve ser feito de forma a reduzir os caudais gastos, com aplicação de aparelhos sanitários mais eficientes, com caudais reduzidos, como autoclismos com duplo acionamento e chuveiros e torneiras com incorporador de ar, por exemplo. É papel dos órgãos reguladores atualizarem as normas e métodos de dimensionamento para que se atendam essas necessidades.

- **Redes de abastecimento de água**

O método de cálculo apresentado pela EN 806 para as redes de abastecimento apresenta grande vantagem em relação à simplicidade e facilidade de aplicação, permitindo um dimensionamento rápido. No entanto esse método resulta em geral em DN significativamente reduzidos em relação às demais normas, e a falta de critérios mais meticulosos de cálculo, como os encontrados pelo método do RGSPDADAR e da NBR 5626 podem se traduzir em níveis de conforto reduzidos, como pontua Silva-Afonso (2007a).

Os critérios de velocidade mínima empregados pelas normas explicam em parte as diferenças nos DN obtidos, uma vez que o RGSPDADAR possui o menor requisito de velocidade máxima (de 2,0 m/s), em comparação com os 3,0 m/s indicados pela NBR 5626 e 4,0 m/s para a EN 806. Sendo a velocidade inversamente proporcional ao diâmetro para um mesmo caudal, faz sentido que o dimensionamento pela Norma Europeia resulte em diâmetros reduzidos em relação aos demais.

Na determinação das perdas de carga é recorrente em Portugal o uso de um acréscimo (por exemplo de 20%) para as perdas de carga localizadas, enquanto no Brasil o método dos comprimentos equivalentes é bastante empregado. Isso torna o

dimensionamento para o método brasileiro mais trabalhoso, além de resultar em perdas de carga singulares bastante superiores, de cerca de 66%.

Há diferenças em relação às equações empregadas, uma vez que o método brasileiro foi usada a equação universal de perda de carga (28) que é uma expressão homogênea, enquanto a equação de Flamant (6), usada pelo método português, é uma equação experimental. O método brasileiro, portanto, requerer cálculos mais elaborados uma vez que a equação universal recorre a iterações matemáticas para definição do fator de atrito.

Em relação às pressões mínimas na rede é notória a diferença entre os requisitos mínimos para cada norma. Enquanto o RGSPDADAR permite um mínimo de 5 m.c.a. nos aparelhos, mas indica garantia de até 15 m.c.a. para conforto do usuário, e a EN 806 requer pelo menos 10 m.c.a., a NBR 5626 indica apenas 1 m.c.a. como valor mínimo. Essa diferença pode se traduzir no funcionamento inadequado de aparelhos sanitários por falta de pressão na rede dimensionada considerando-se apenas 1 m.c.a. Vale destacar, no entanto, que a NBR 5626 indica que seja seguida recomendação do fabricante, portanto o projetista deve avaliar a necessidade de maiores pressões de acordo com os aparelhos a serem instalados na edificação.

Avaliando os resultados obtidos percebe-se que seguindo o dimensionamento pelo Regulamento Português o custo das instalações se torna mais caro, uma vez que o preço por metro das tubagens é diretamente proporcional ao DN. Para título de exemplificação, o preço/metro de um tubo de DN25 é de 1,82€, enquanto o DN40 é de 4,51€ e o DN63 11,28€, conforme tabela de preços da VISSEN PIPING SOLUTIONS (2021).

É interessante notar como as normas traduzem alguns dos costumes do país ou região onde são válidas, por exemplo o uso de reservatórios de água potável são mais comuns no Brasil, sendo um dos motivos as falhas e interrupções que muitas vezes ocorrem no fornecimento de água pela rede pública. Portanto é compreensível que a atenção aos reservatórios na NBR 5626 seja maior que no RGSPDADAR ou na EN 806.

- **Redes de drenagem de águas residuais**

Em relação às redes de drenagem de águas residuais vale destacar que a EN apresenta maior especificação dos aparelhos (diferentes volumes das cisternas das bacias de retrete e pesos das máquinas de lavar roupas) e liberdade para escolha das taxas de ocupação nas tubagens, assim como na NBR, enquanto o RGSPDADAR é mais restrito

nesse sentido. No dimensionamento pela EN 12056-2 destaca-se a classificação dos sistemas em quatro tipos de acordo com a ocupação dos tubos de queda, algo que não existe nas outras regulamentações.

O método das Unidades Hunter de Contribuição torna o dimensionamento das redes de águas residuais mais simples seguindo-se a NBR 8160 em comparação com as demais normas. Assim como no método simplificado para dimensionamento das redes de abastecimento da EN 806-3, o método das UHC apresenta alguns resultados menores que os demais dimensionamentos, mas essas diferenças são percebidas em poucos troços, sendo a maioria dos troços iguais aos resultados dos outros métodos, o que valida sua vantagem pela facilidade de aplicação.

Tanto para as águas residuais como nas pluviais um fator que pode gerar divergências entre os resultados pelos diferentes métodos é a taxa de ocupação dos tubos, que pode variar entre 50% de ocupação até seção-cheia dependendo do troço e da norma empregada.

Em comparação com os resultados obtidos para o abastecimento, não se encontrou tanta disparidade entre os DN dos troços, portanto não se esperam custos muito diferentes entre a aplicação dos três regulamentos.

- **Redes de drenagem de águas pluviais**

No dimensionamento das redes de águas pluviais destaca-se a diferença na determinação das áreas de contribuição, que para o RGSPDADAR e para a EN 12056-3 é realizada calculando a projeção horizontal dos telhados, enquanto a NBR 10844 apresenta requisitos mais detalhados, como a consideração das superfícies como inclinadas e de superfícies verticais que possam interceptar a chuva.

Também pode-se destacar a complexidade e meticulosidade apresentada no método de dimensionamento das caleiras pela EN 12056-3, bastante maior que para as duas outras regulamentações. A Norma Europeia considera no dimensionamento das caleiras critérios mais específicos, como seus comprimentos e a existência ou não de grelhas.

Assim como no dimensionamento das redes de águas residuais, não se percebe um método de dimensionamento que resulte em DN muito maiores que os demais, de forma que os custos esperados para a aplicação dos três regulamentos não tendem a variar de forma expressiva.

## 6.2. Proposta para Trabalhos Futuros

De forma a complementar o conhecimento acerca das regulamentações e métodos de dimensionamento das redes prediais de águas, esse estudo pode ser complementado no futuro com as seguintes análises:

- A aplicação dos mesmos métodos de dimensionamento a edifícios multifamiliares e edifícios não residenciais, como centros escolares ou hospitalares, de forma a avaliar o comportamento em sistemas com maiores caudais e diferentes aparelhos hidrossanitários;
- A aplicação de diferentes materiais aos sistemas, de modo a verificar seu impacto no dimensionamento;
- Ampliar o estudo para a recolha e reaproveitamento de águas pluviais em edificações, comparando as regulamentações pertinentes, nomeadamente a ETA 0701:2015 em Portugal e a NBR 15527:2007 (com alterações da NBR 15527:2019) no Brasil.

# Referências Bibliográficas

ABELLÁN, Javier. **Water supply and sanitation services in modern Europe: developments in 19th-20th centuries**. *Em*: XII Congreso Internacional de la Asociación Española de Historia Económica. Salamanca: Universidade de Salamanca, 2017.

ALLIANCE TO SAVE ENERGY. **Água e energia: Aproveitando as oportunidades de eficiência de água e energia não exploradas nos sistemas e água municipais**. Washington: ALLIANCE, 2002.

AMANCO BRASIL LTDA. **Manual Técnico Linha Amanco PEX**. Joiville, 2015. Disponível em: <http://assets.production.amanco.com.br.s3.amazonaws.com/uploads/collapse/file/49/Manual-PEX-2015-WEB-FINAL.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2021.

ANQIP - ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA A QUALIDADE NAS INSTALAÇÕES PREDIAIS. **Dimensionamento de redes prediais de águas e esgoto de acordo com as Normas Europeias**: Manual do curso. Coimbra, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218**: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15939**: Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria - Polietileno reticulado (PE-X) Parte 1: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998. Norma cancelada em jun. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7198**: Projeto e execução de instalações prediais de água quente. Rio de Janeiro, 1993. Norma cancelada em jun. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário- projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Instalações prediais hidráulico-sanitárias: princípios básicos para elaboração de projetos**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

CASTRO, Ana Rita Vieira. **Um Modelo para a Certificação de Qualidade de Projectos de Instalações Hidráulicas Prediais**. Universidade de Aveiro, Aveiro, 2008.

CHATZIS, Konstantinos; COUTARD, Olivier. **Water and gas: early developments in the utility networks of Paris**. *Journal of Urban Technology*. Vol. 12. p1-17. 2005.

COMITÊ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO. **EN 12056-2**: Sistemas de drenagens de águas residuais no interior de edifícios, Parte 2: Tubulação sanitária, traçado e cálculo. Bruxelas, 2000.

COMITÊ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO. **EN 12056-3**: Sistemas de drenagens de águas residuais no interior de edifícios, Parte 3: Drenagem de telhados, traçado e cálculo  
EN 12056: Sistemas de drenagens de águas residuais no interior de edifícios. Bruxelas, 2000.

COMITÊ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO. **EN 1329**: Sistemas de tubagem de plástico para esgoto (temperatura baixa e alta) no interior do edifício. Policloreto de vinilo não plastificado (PVC-U). Parte 1: Requisitos para tubos, acessórios e sistema. Dimensionamento. Bruxelas, 2002.

COMITÊ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO. **EN 806**: Especificações técnicas relativas às instalações de água para consumo humano no interior de edifícios. Parte 3: Dimensionamento. Bruxelas, 2006.

CONTERATO, Eliane; ESPARTEL, Lélis; SIMIONATO, Vinicius. **Instalações Hidráulicas**. Porto Alegre, SAGAH, 2017.

DE FEO, Giovanni; ANTONIOU, George; FARDIN, Hilal Franz; EL-GOHARY, Fatma; ZHENG, Xiao Yun; REKLAITYTE, Ieva; BUTLER, David; YANNOPOULOS, Stavros; ANGELAKIS, Andreas N. **The Historical Development of Sewers Worldwide. Sustainability**, v. 6, n. 6, p. 3936–3974, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su6063936>.

DECRETO-LEI N.º 118/2013. **Regulamento de Desempenho Energético das Edifícios de Habitação (REH)**. Lisboa, Diário da República n.º 159, Série I. 20 de Agosto de 2013.

DECRETO-LEI N.º 38382/51. **Regulamento Geral de Edificações Urbanas**. Lisboa, Diário da República n.º 166, 1º Suplemento, Série I. 07 de Agosto de 1951.

DECRETO-REGULAMENTAR N.º 23/95. **Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais**. Lisboa, Diário da República n.º 194, Série I-B. 23 de Agosto de 1995.

DOCOL MATERIAIS METÁLICOS LTDA. **Ficha técnica Chuveiro DOCOLHEAVEN Q200**. Disponível em: <https://docol-product-file.s3.amazonaws.com/manuais/Ficha%20t%C3%A9cnica%20POR/008882XX.pdf>.  
[s.d.] Joinville.

ERSAR - ENTIDADE REGULADORA DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E RESÍDUOS. **Relatório anual dos serviços de águas e resíduos em Portugal (2020): Volume 1 - Caracterização do setor de águas e resíduos**. Lisboa, 2021

EUROTUBO – SOCIEDADE DE MATERIAIS PAEA CONSTRUÇÃO CIVIL, TDA. Tabela de Preços Tubagem e Acessórios PVC rígido. Amadora, 2021. Disponível em:

<http://pre.pt/eurotubo/pdf/Produtos/Tube%20e%20Access.%20PVC/Tabela/Tabela%20de%20Precos%20pvc%2009-09-2021.pdf>. Acesso em: 19 set. 2021.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Portaria nº 246 de 17 de outubro de 2000**. Brasília, 2000. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/rtac000667.pdf>. Acesso em: 11 out. 2021.

KRONA TUBOS E CONEXÕES. **Catálogo de Produtos Krona**. 2021. Disponível em: Disponível em: <https://www.krona.com.br/wp-content/uploads/2021/03/AF-613047765-CATALOGO-KRONA-ATUALIZACAO-2021-WEB.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2021.

LANDI, Francisco Romeu. **Evolução histórica das instalações hidráulicas**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1993. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000852569>. Acesso em: 13 nov. 2020.

LOTURCO, Bruno. Instalações hidráulicas – Pini 60 anos: Industrialização plástica. **Revista Técnica**. São Paulo: Editora Pini. n. 134, p. 60-62. Maio 2008.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Hidráulicas: Prediais e Industriais**, 4. Ed. Rio de Janeiro, LTC. 2017. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-1964-2/> Acesso em: 25 fev. 2021.

MATOS, José de Saldanha. Aspectos Históricos e Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano. **Revista Engenharia Civil**. Braga: Universidade do Minho, n. 16, p. 13–23, 2003.

PEDROSO, Vitor M. R. **Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas**. 3. ed. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2016.

PLASTIC PIPE AND FITTINGS ASSOCIATION; PLASTIC PIPE INSTITUTE. **Design Guide - Residential PEX Water Supply Plumbing Systems**. Upper Marlboro: NAHB Research Center, Inc., 2006.

PROCEL - PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil: Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso – Ano base 2005**. Rio de Janeiro, 2007.

SÁ, Nuno José Marques e. **Optimização de Sistemas Prediais de Distribuição de Água Fria**. Porto: Universidade do Porto, 2012.

SILVA, Felipe de Andrade; SILVEIRA, Odilio Gervasio. **Análise de Viabilidade Técnica e Econômica na Utilização de PVC, PPR e PEX para um Projeto de Instalação Predial de Água Fria**. Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2019.

SILVA, Pedro Miguel Azevedo da. **Redes Prediais - Evolução, Avaliação e Perspetiva (Abastecimento de Água e Drenagem de Águas Residuais)**. Porto: Universidade do Porto, 2015.

SILVA-AFONSO, Armando. **Dimensionamento de instalações prediais de água: Considerações sobre o método proposto na Norma Europeia.** *Em:* Congresso Construção 2007a. Coimbra, 2007. p. 8.

SILVA-AFONSO, Armando. **Inovação ao Nível da Concepção e do Dimensionamento das Instalações Prediais de Águas e Esgotos. Situação em Portugal.** *Em:* Anais de Engenharias'07 - Inovação e Desenvolvimento. Covilhã: Universidade da Beira Interior, 2007b. Disponível em: [https://anqip.pt/images/stories/Inovao ao nvel da concepo e do dimensionamento d as instalaes prediais de guas e esgotos. Situao em Portugal.pdf](https://anqip.pt/images/stories/Inovao%20ao%20nivel%20da%20concepo%20e%20do%20dimensionamento%20d%20as%20instalaes%20prediais%20de%20guas%20e%20esgotos.%20Situao%20em%20Portugal.pdf). Acesso em: 7 jul. 2021.

SILVA-AFONSO, Armando. **Revisão e Atualização da Regulamentação Portuguesa ao Nível das Redes Prediais. Uma Necessidade Urgente.** *Em:* Encontro Técnico Sobre Regulamento Geral de Sistemas Públicos e Prediais de Água e Drenagem de Águas Residuais - Aplicação e Evolução. Lisboa, 2013.

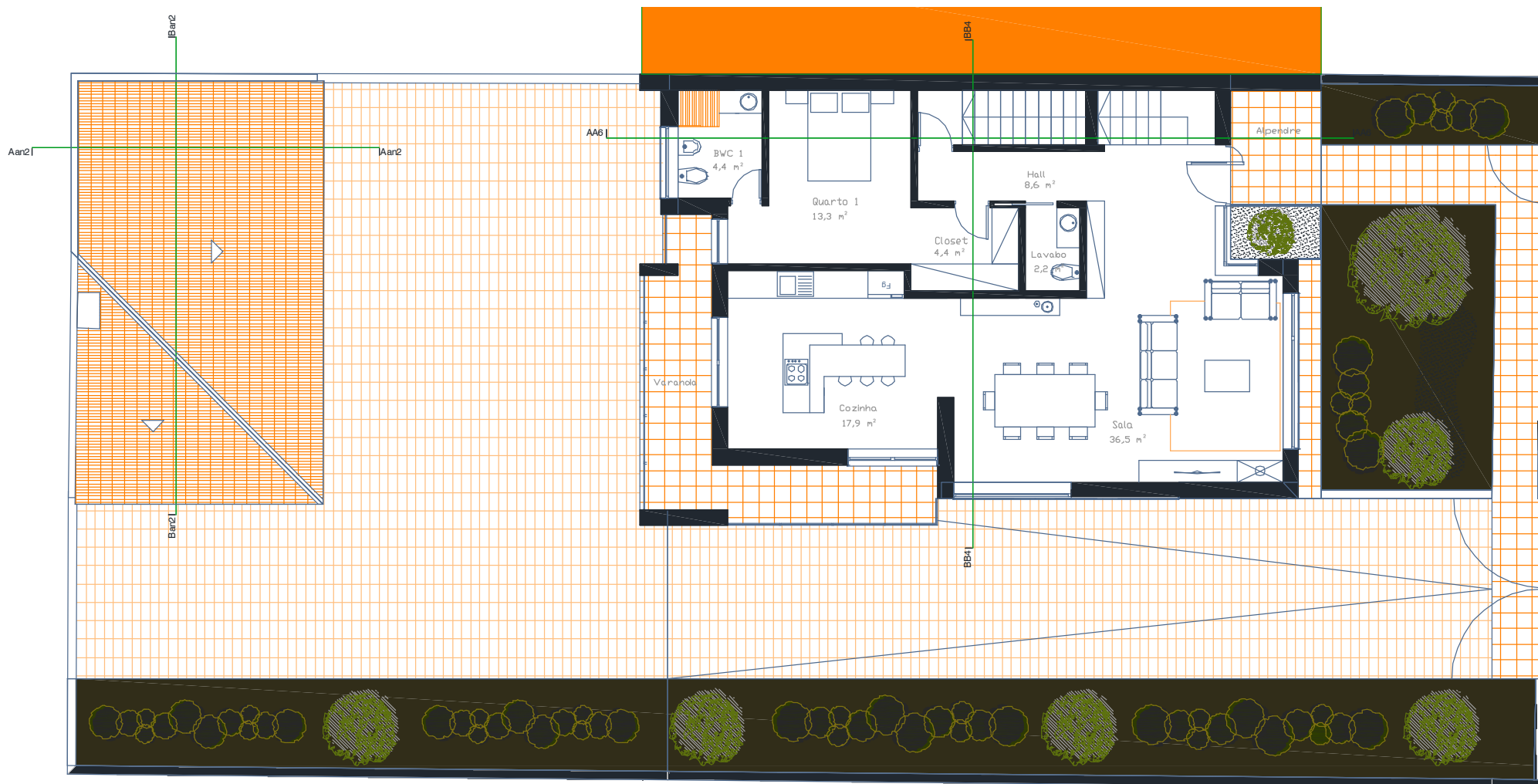
SILVA-AFONSO, Armando; PIMENTEL-RODRIGUES, Carla. **Manual de eficiência hídrica em edifícios.** ANQIP: Aveiro. 2017.

TIGRE S/A - TUBOS E CONEXÕES. **Catálogo Técnico e Produtos - Linha Água Quente.** [s.d.]. Disponível em: [https://tigrecombr-prod.s3.amazonaws.com/default/files/2021-06/tg-273-0\\_catagolo\\_agua\\_quente\\_20210622-baixa.pdf](https://tigrecombr-prod.s3.amazonaws.com/default/files/2021-06/tg-273-0_catagolo_agua_quente_20210622-baixa.pdf). Acesso em: 15 jul. 2021.

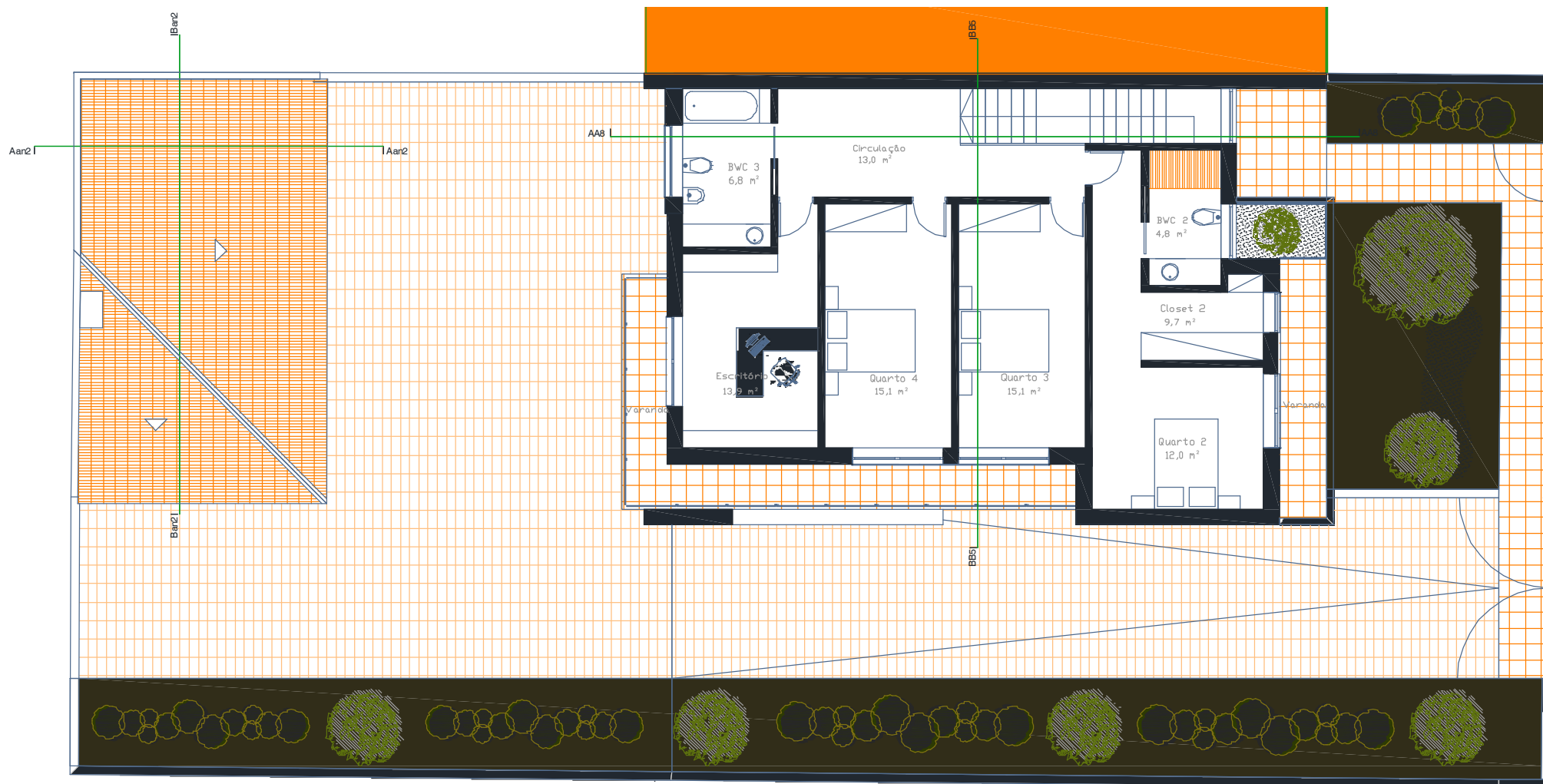
VISSEN PIPING SOLUTIONS. **Tabela Preços Vissen PP-R.** Ovar, Portugal, 2021. Disponível em: <http://pre.pt/eurotubo/pdf/Produtos/Tube%20e%20Acess.%20PPR/Coprax%20Vissen%20PPR/Tabela%20Pre%C3%A7os%20Vissen%20PP-R%20%20Maio%202021.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2021.

# Anexos

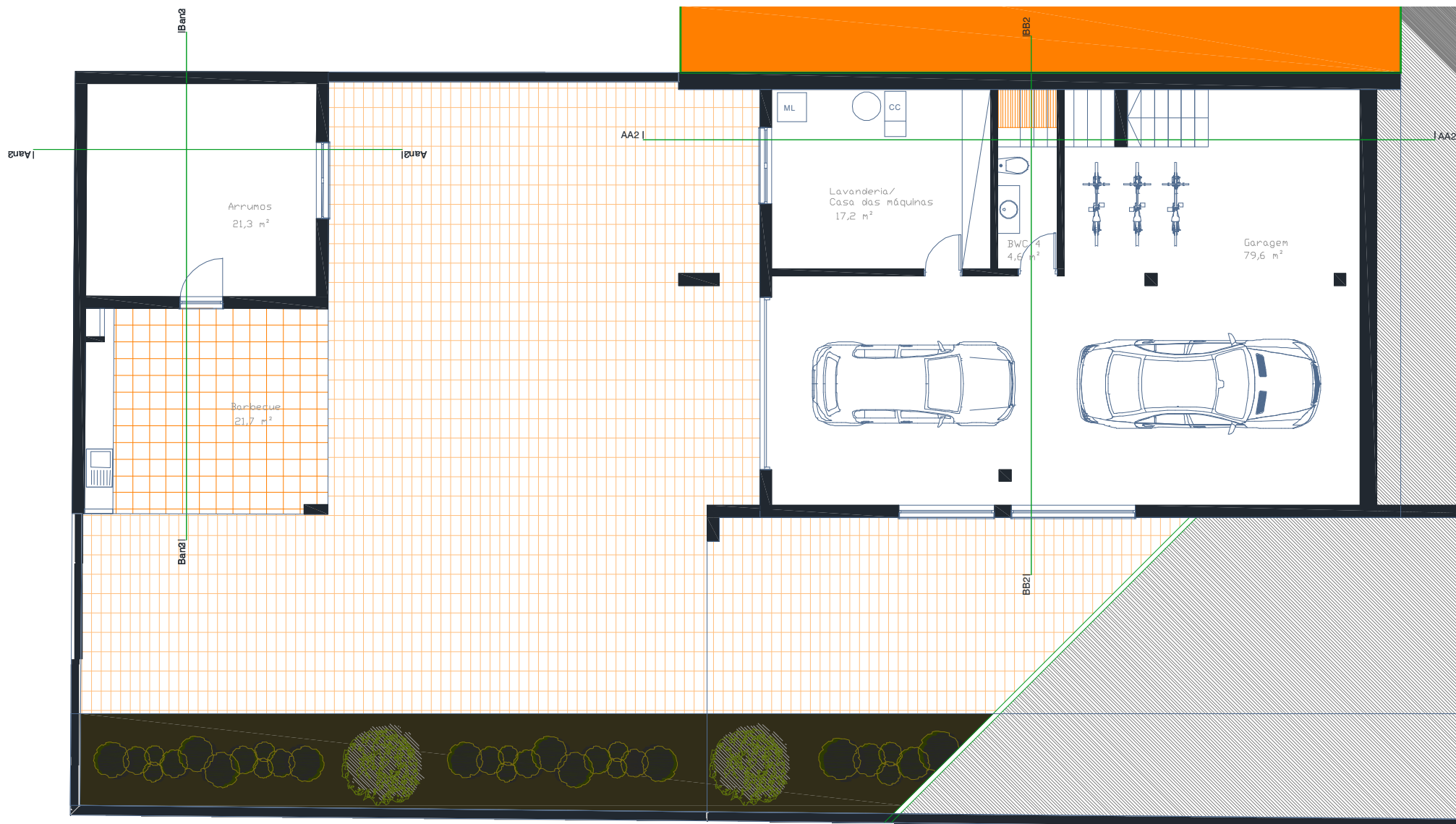
# **Anexo A – Plantas arquitetônicas e alçadas da residência em estudo**



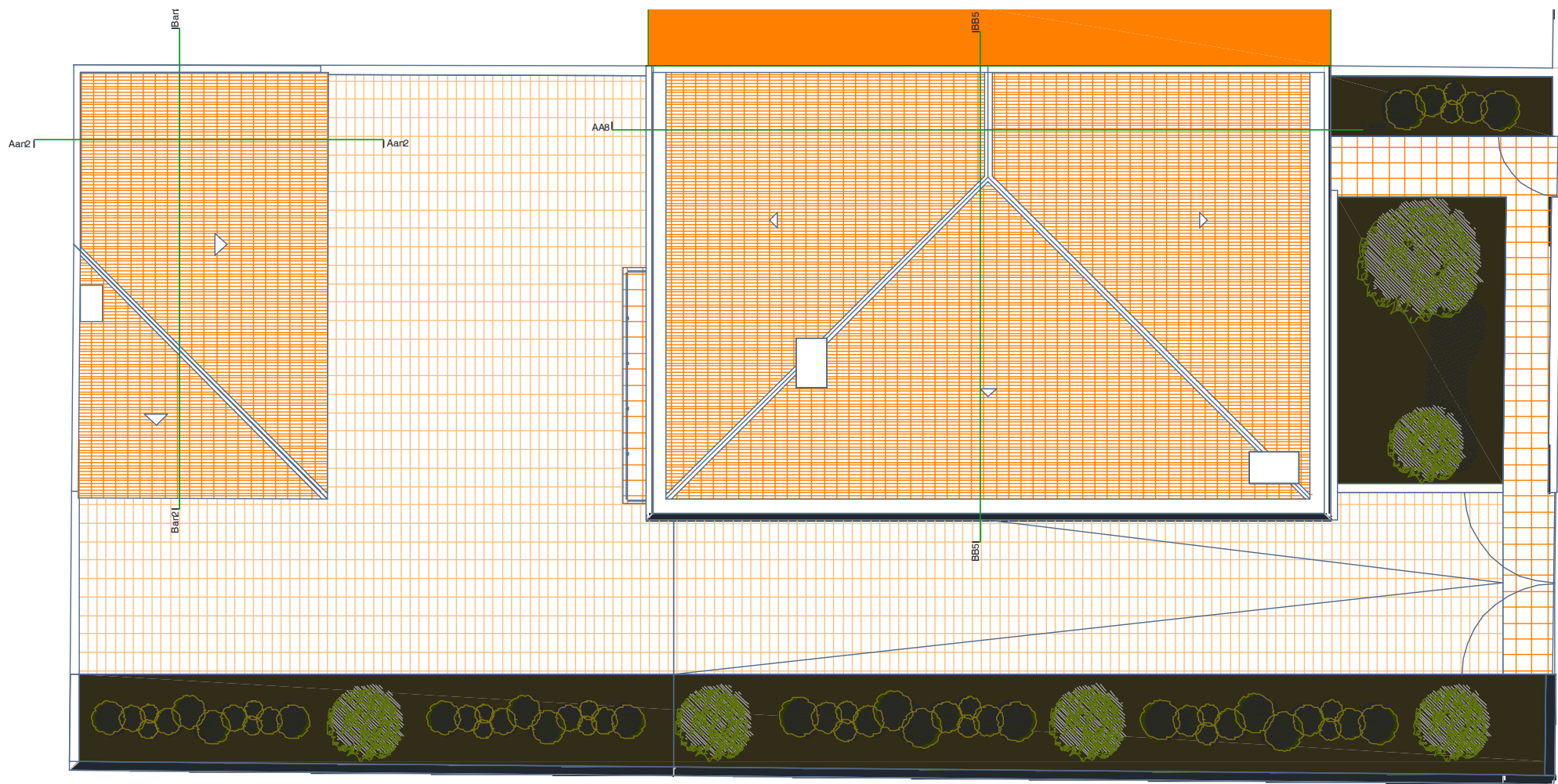
**Figura A.1. Planta de arquitetura - Piso 0.**



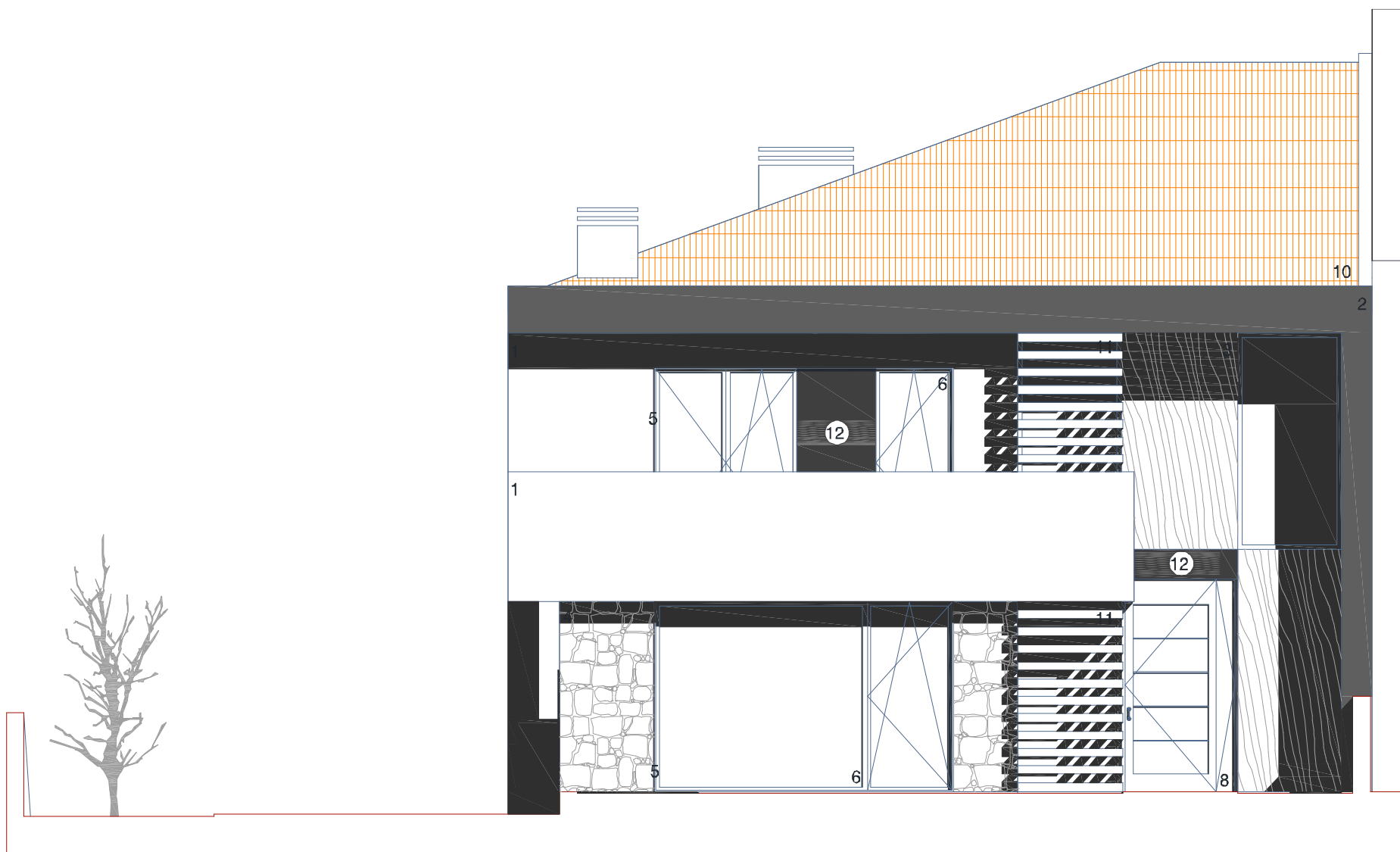
**Figura A.2. Planta de arquitetura - Piso 1.**



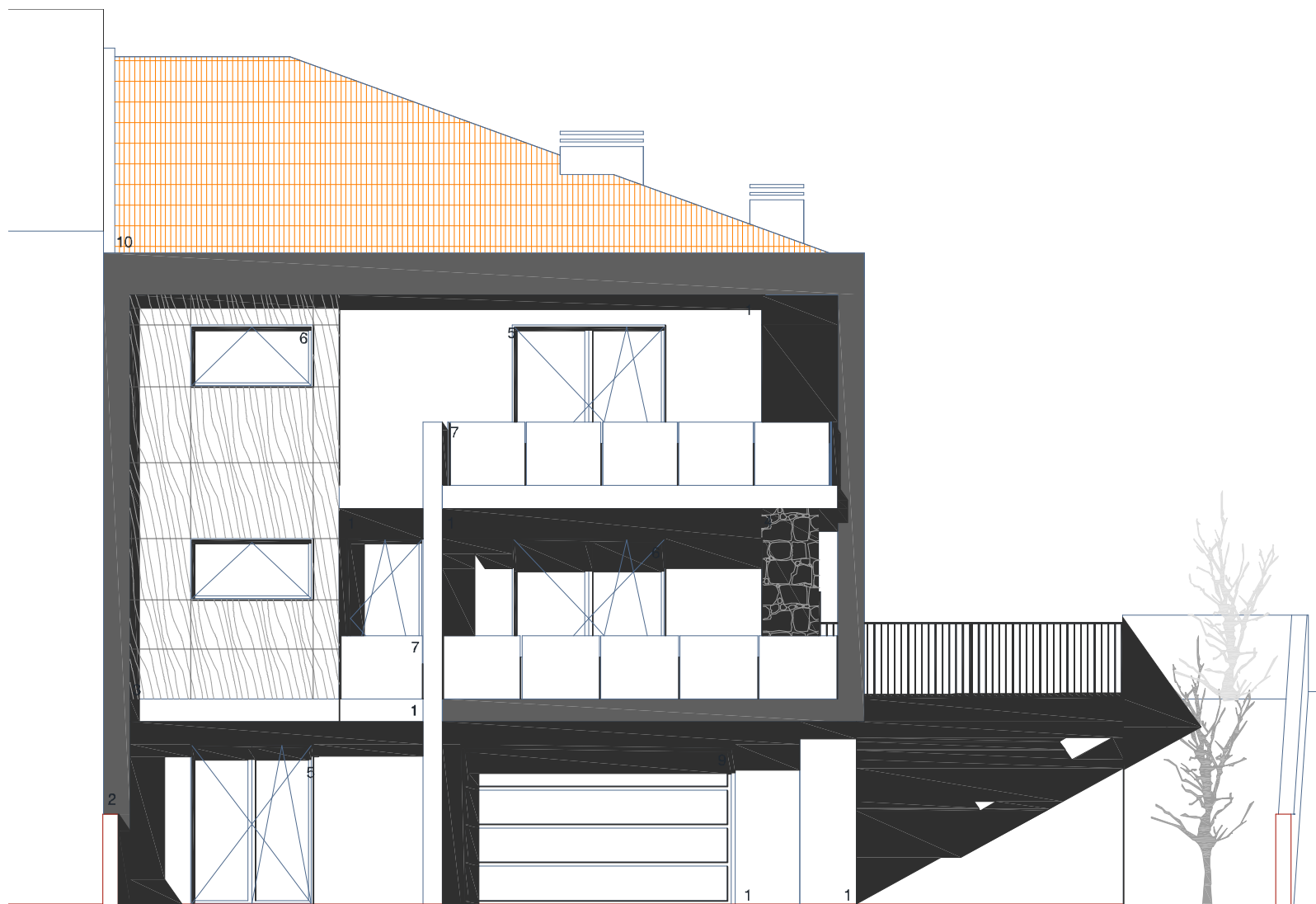
**Figura A.3. Planta de arquitetura - Piso -1.**



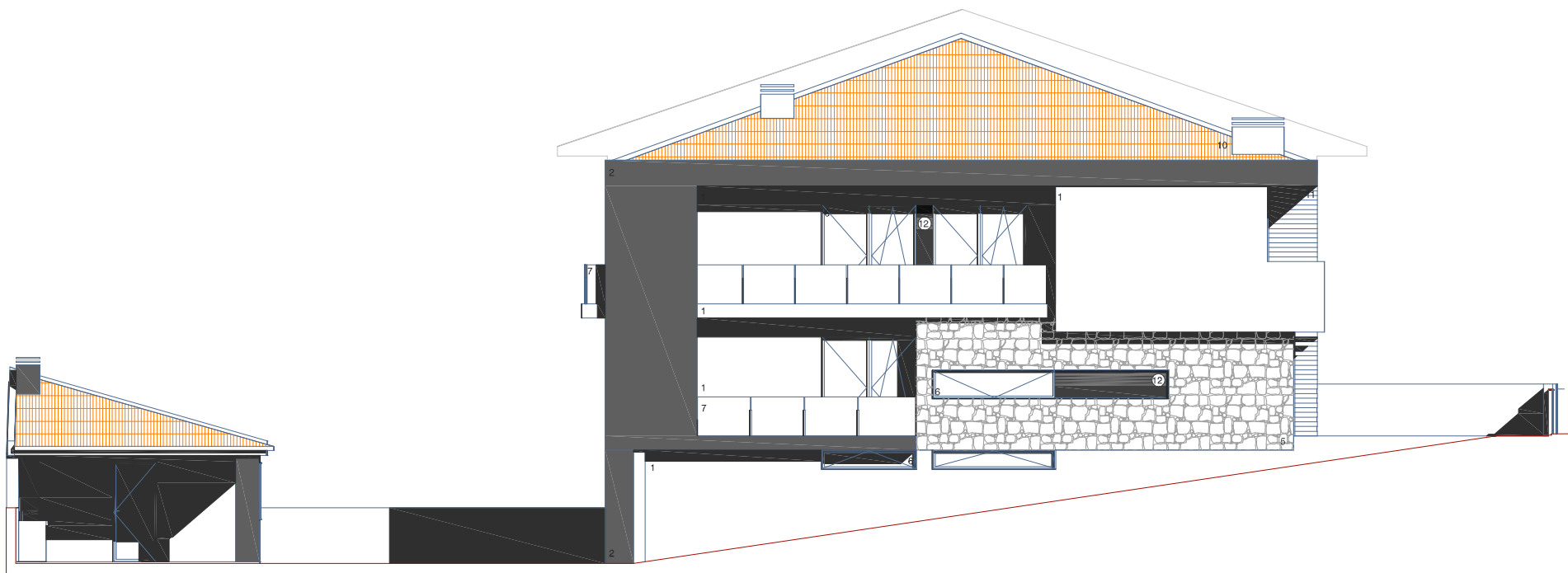
**Figura A. 4. Planta de arquitetura – Cobertura.**



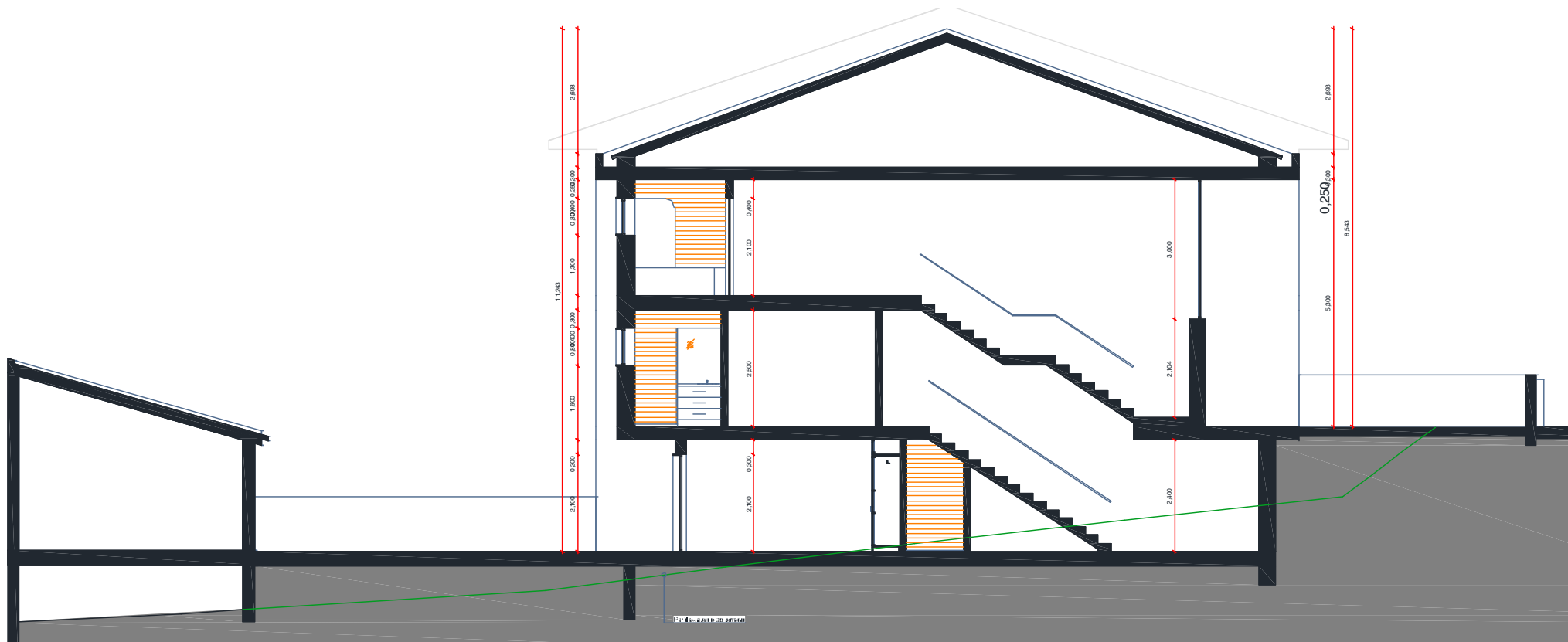
**Figura A.5. Vista frontal da residência.**



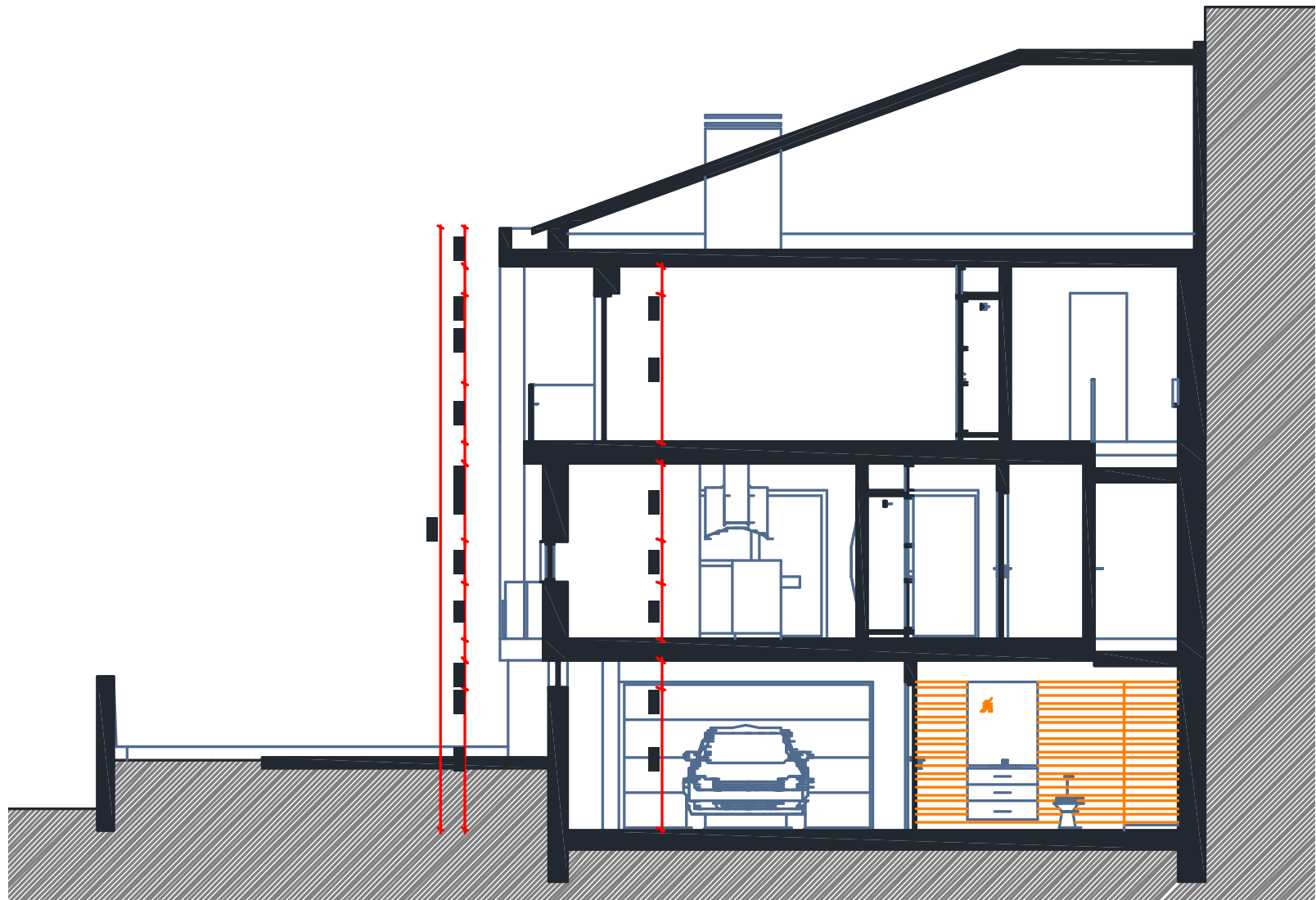
**Figura A.6. Vista posterior da residência.**



**Figura A.7. Vista lateral da residência.**

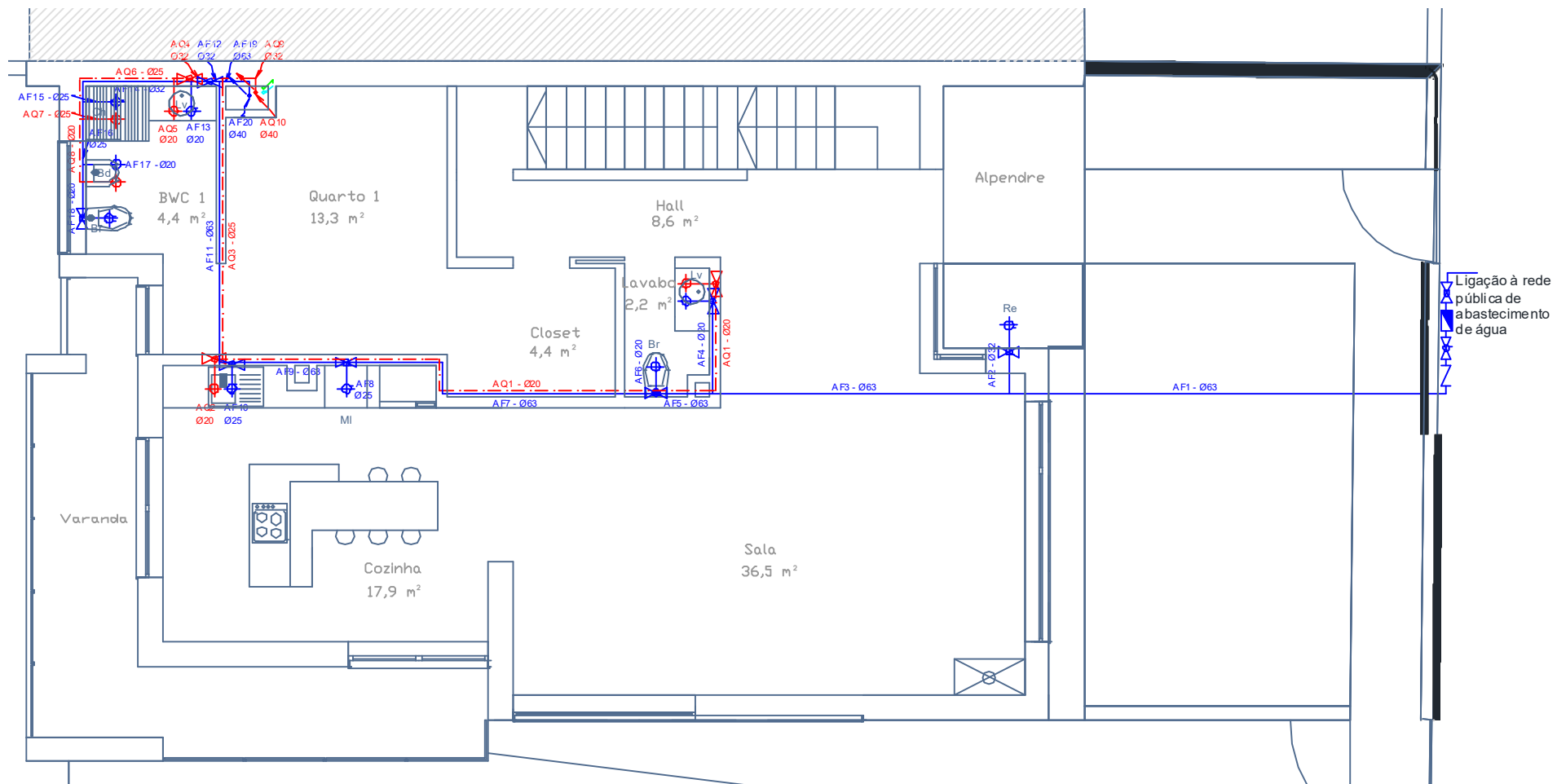


**Figura A.8. Corte longitudinal.**

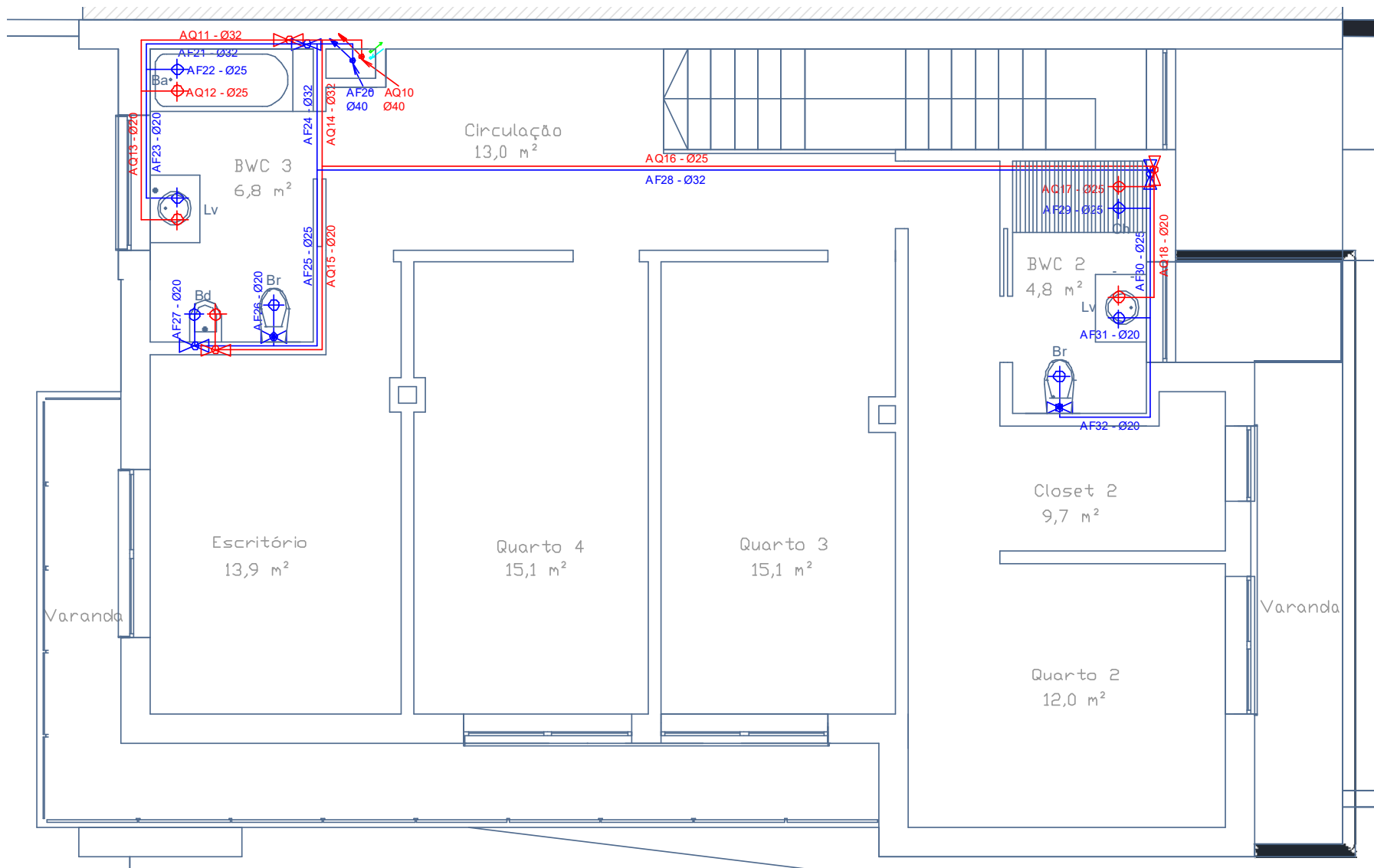


**Figura A.9. Corte transversal.**

# **Anexo B – Plantas hidrossanitárias da residência em estudo**



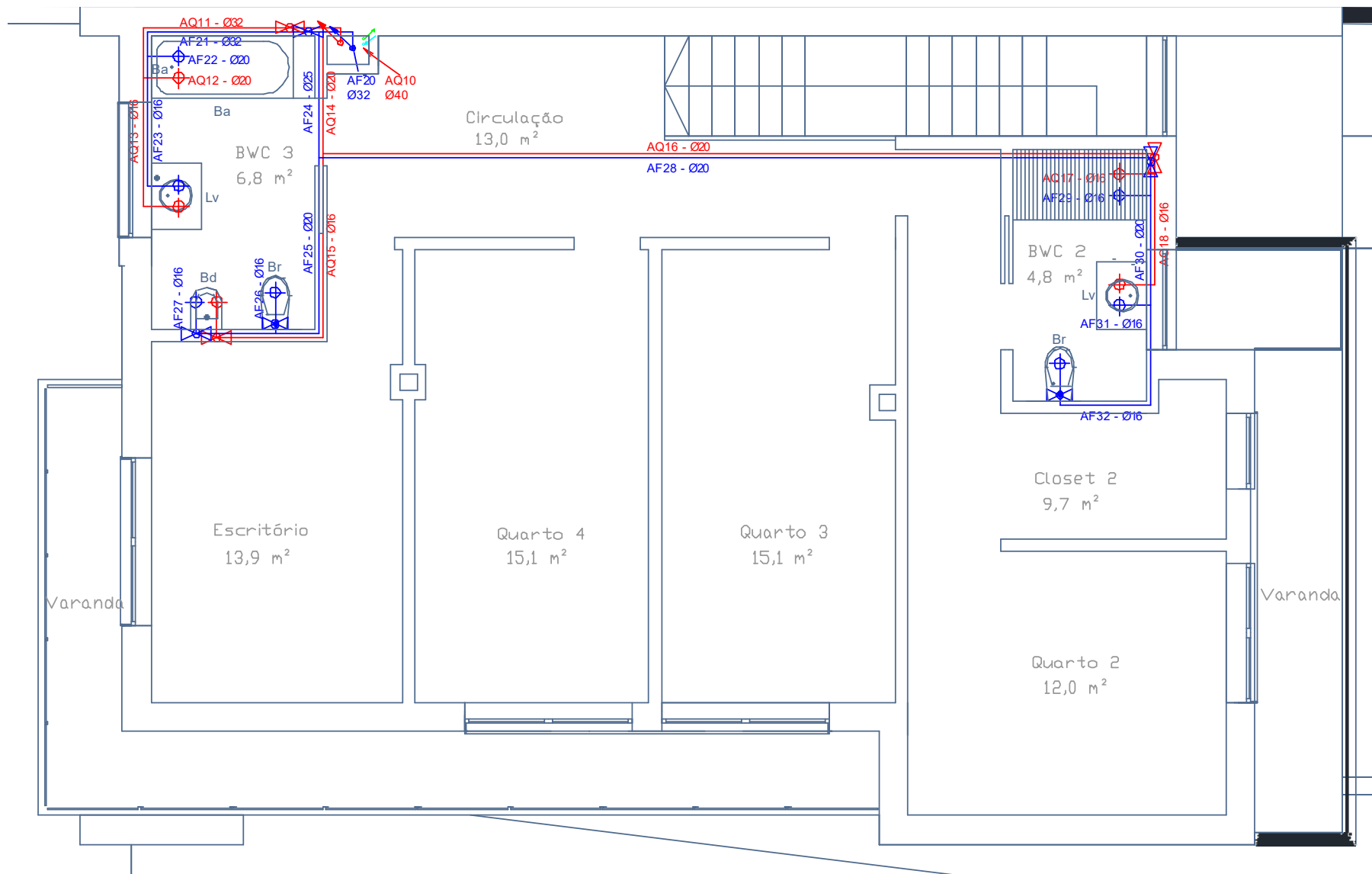
**Figura B.1. Rede de abastecimento pelo RGSPDADAR - Piso 0.**



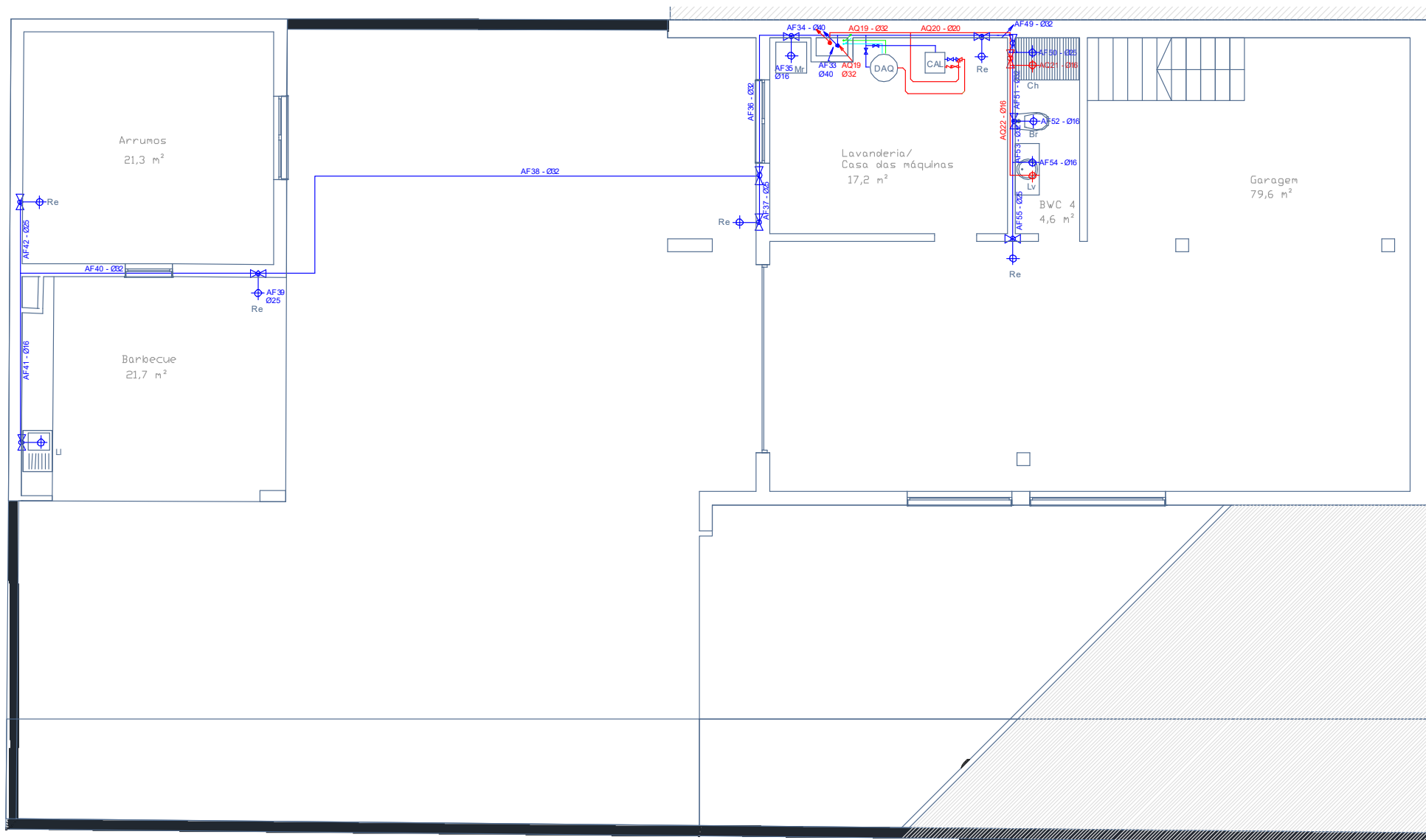
**Figura B.2 Rede de abastecimento de água pelo RGSPDADAR - Piso 1.**





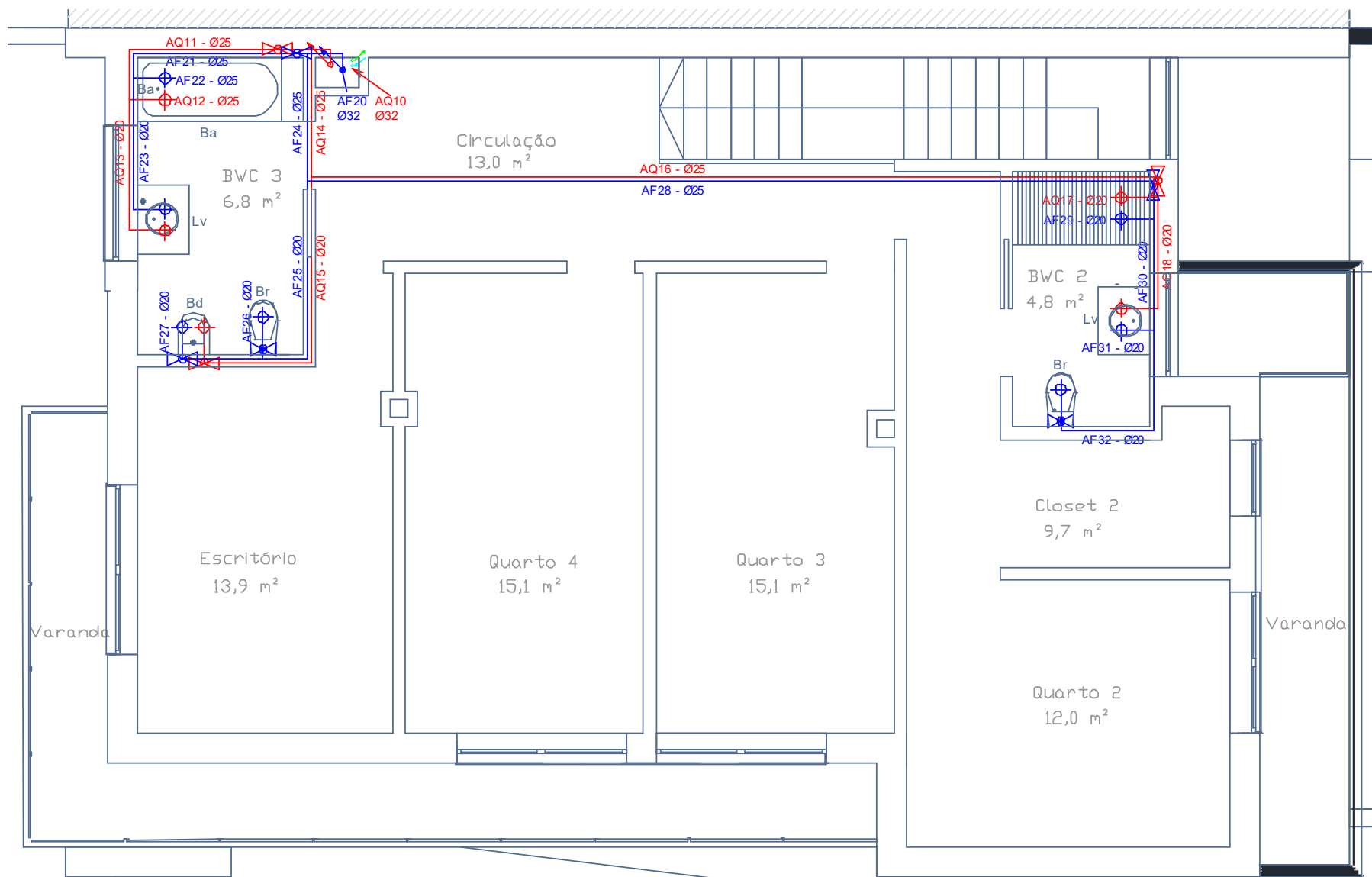


**Figura B.5. Rede de abastecimento de água pela EN 806-3 - Piso 1.**

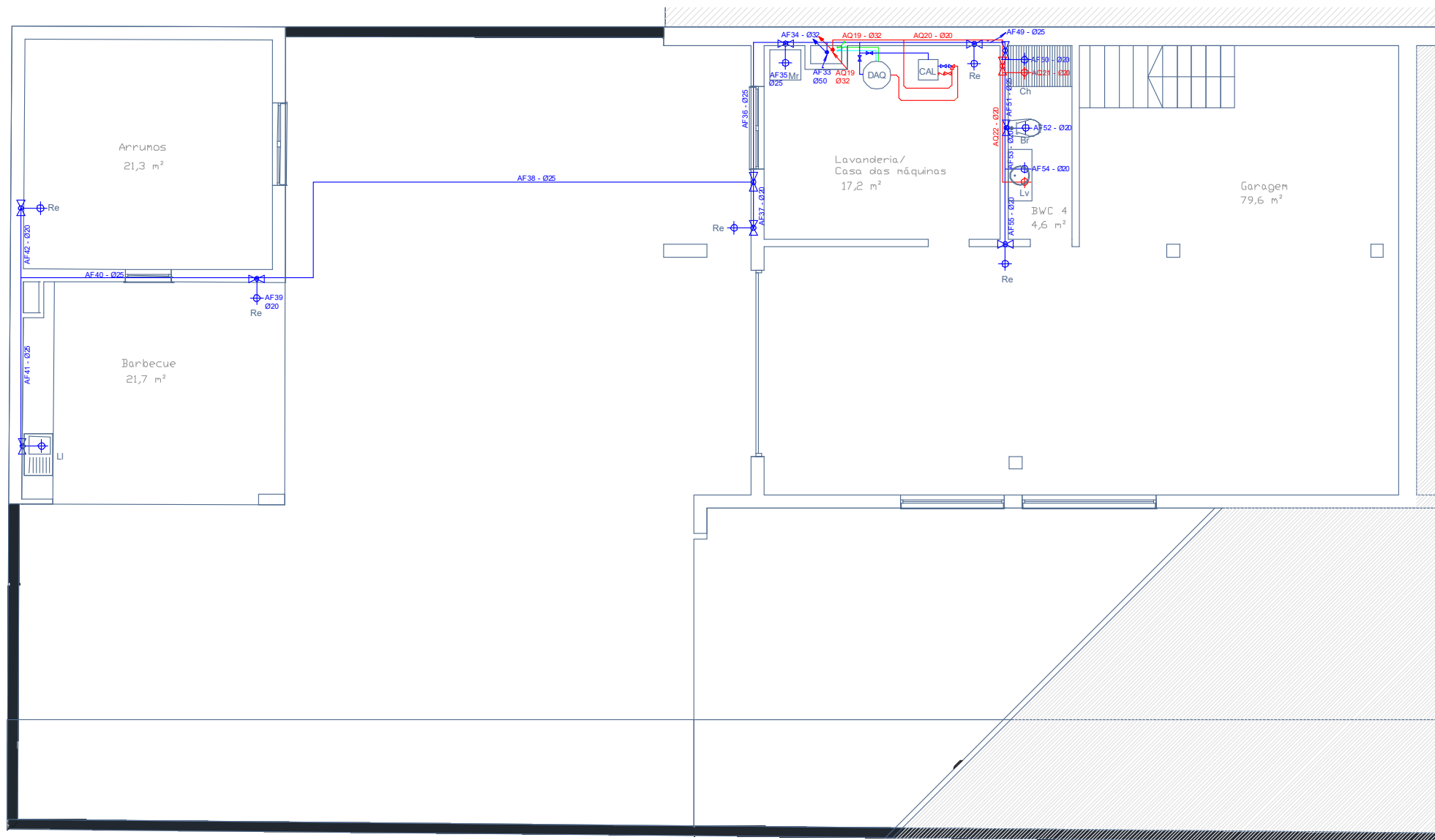


**Figura B.6. Rede de abastecimento de água pela EN 806-3 - Piso -1.**

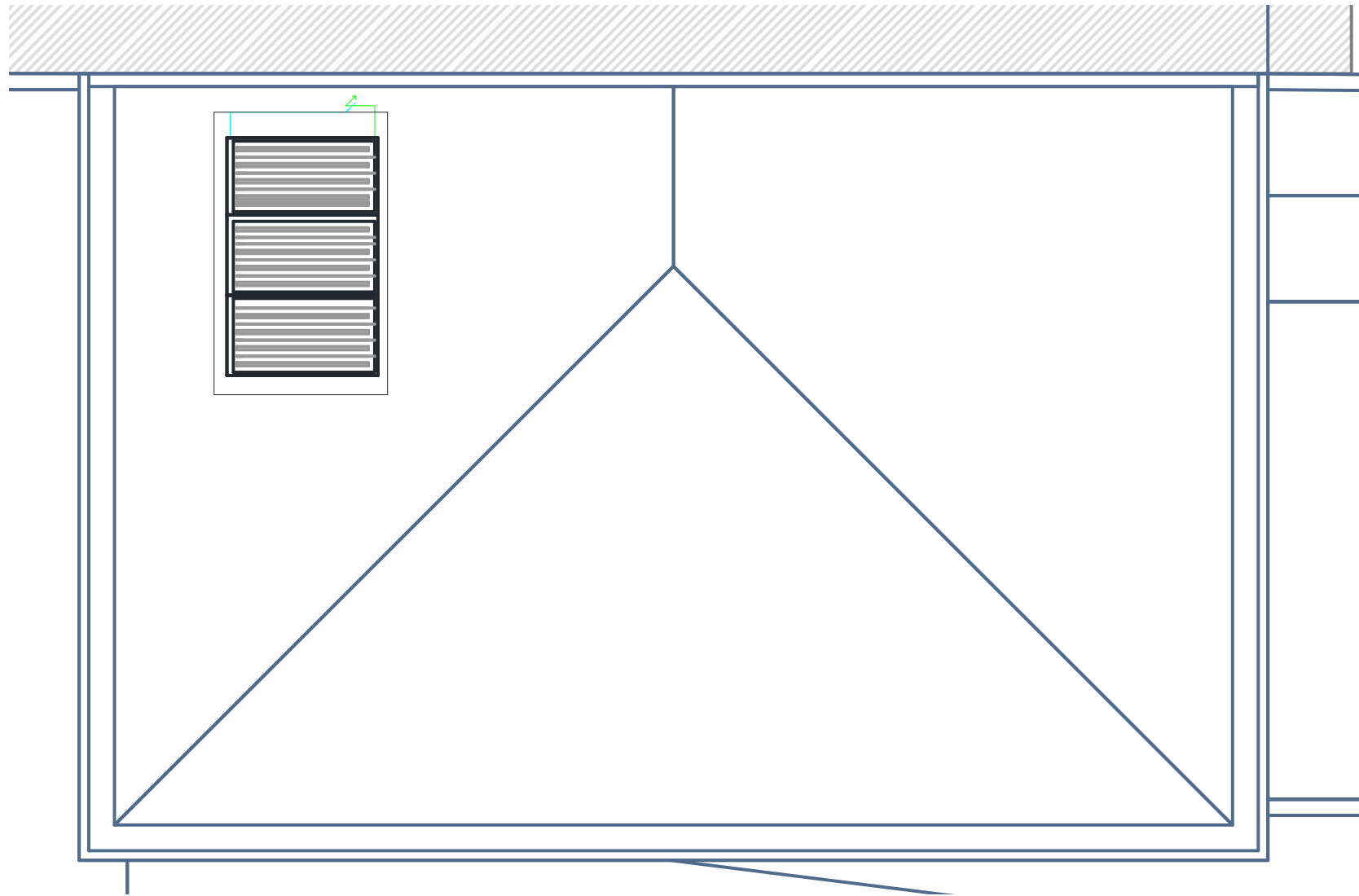




**Figura B.8. Rede de abastecimento de água pela NBR 5626 - Piso 1.**








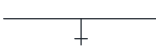







**Figura B.9. Rede de abastecimento de água pela NBR 5626 - Piso -1.**



**Figura B. 10. Rede de abastecimento de água – Cobertura.**

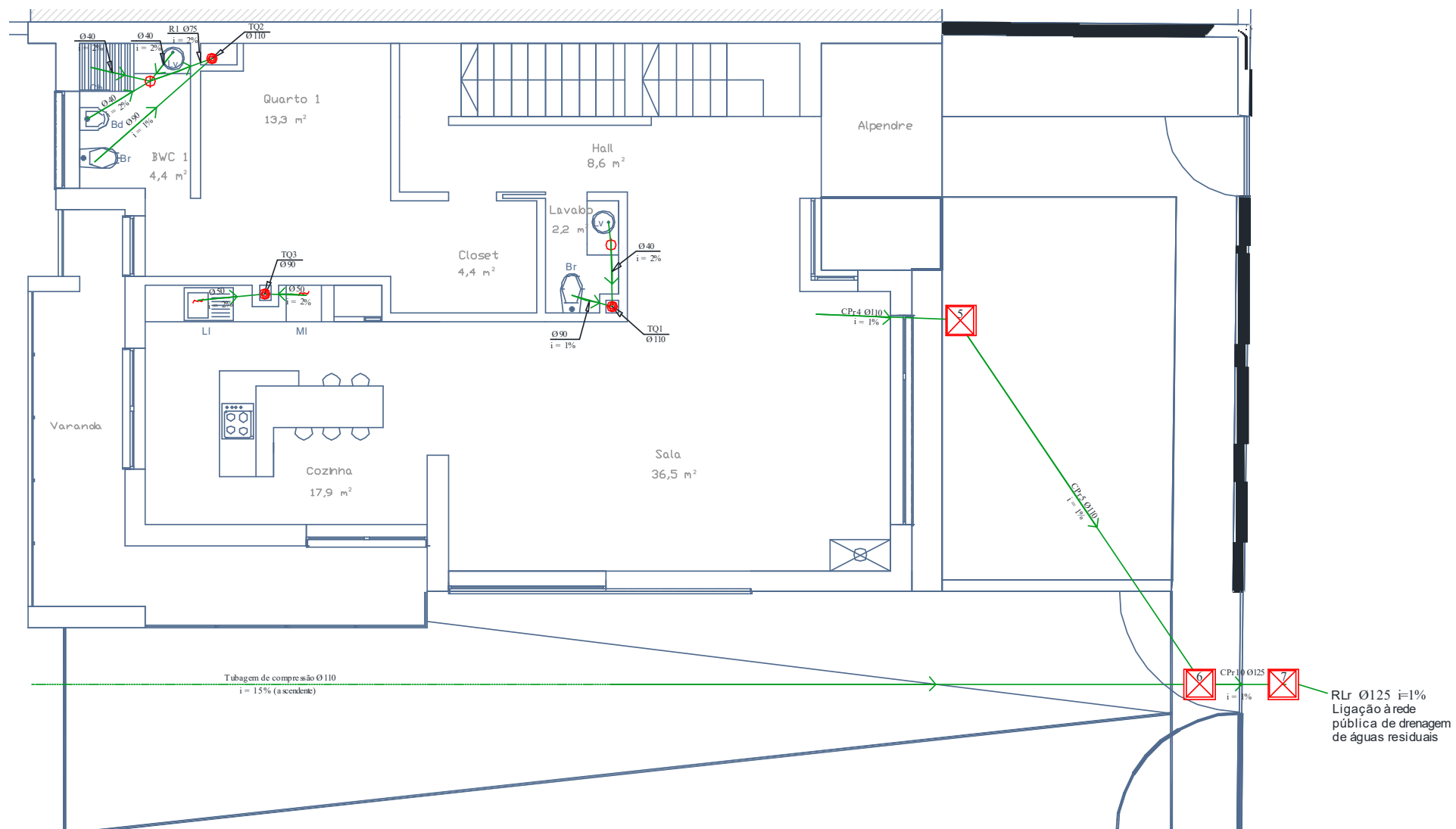
## LEGENDA

<u>AF1 - Ø25</u>	Rede de água fria em Polipropileno Reticulado (PPR), classe de pressão PN 20
<u>AQ1 - Ø25</u>	Rede de água quente em Polipropileno Reticulado (PPR), classe de pressão PN 20
	Tubagem de Circulação de Glicol Solar (Ascendente)
	Tubagem de Circulação de Glicol Solar (Descendente)
	Cruzamento com ligação
	Cruzamento sem ligação
	Válvula de seccionamento
	Válvula de retenção
	Contador
	Torneira de serviço
	Torneira/Boca de limpeza
	Prumo ascendente
	Prumo descendente
	Caldeira
	Depósito de Água Quente (Acumulador)

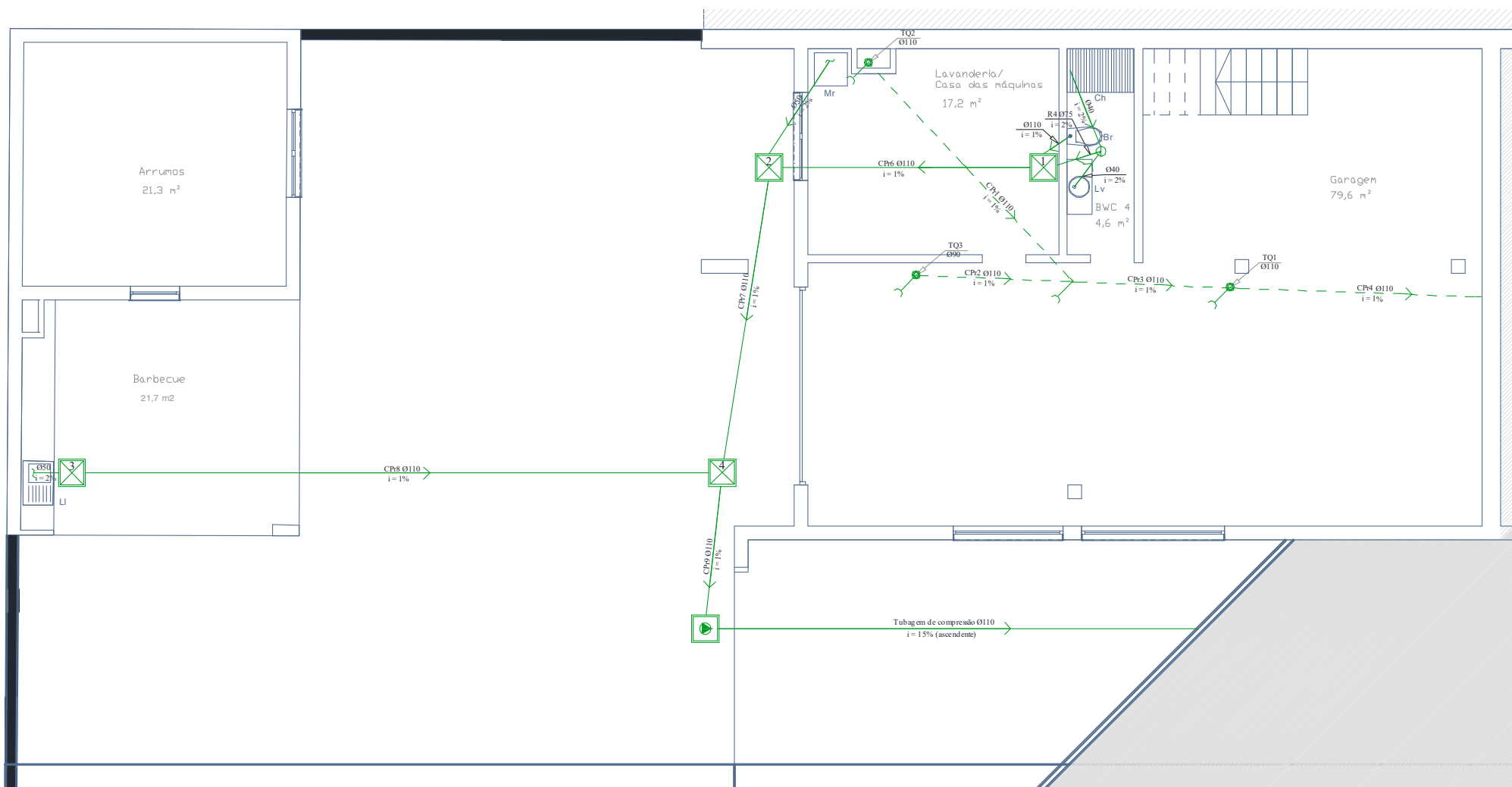
  

Ba	Banheira
Br	Autoclismo de Bacia de Retrete
Bd	Bidé
Ch	Chuveiro/Duche
Lv	Lavatório Individual
Ll	Pia Lava-Louça
Ml	Máquina de Lavar Louça
Mr	Máquina de Lavar Roupa
Re	Boca de Rega ou Lavagem

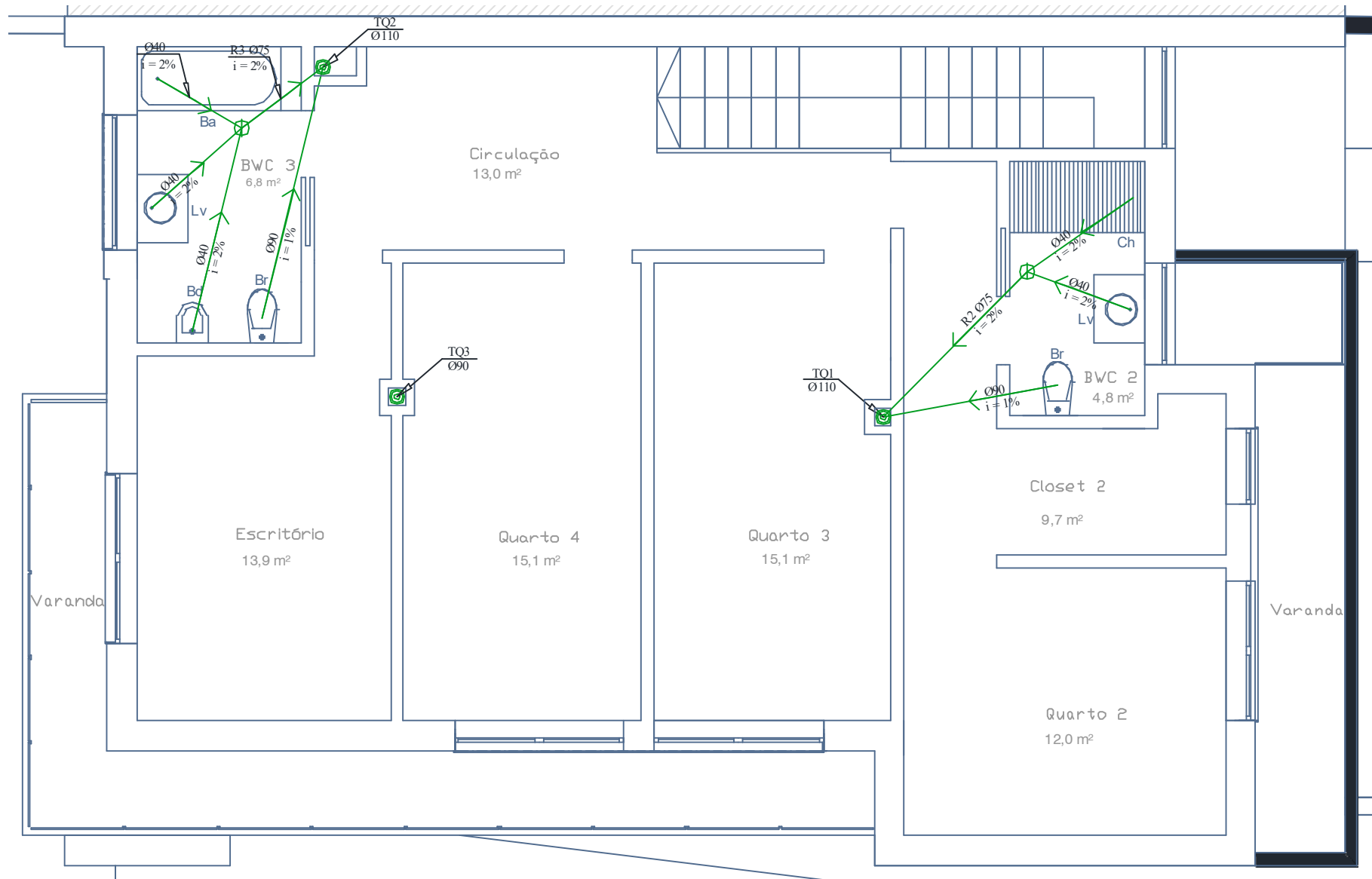
**Figura B.11. Legenda redes de abastecimento de água.**



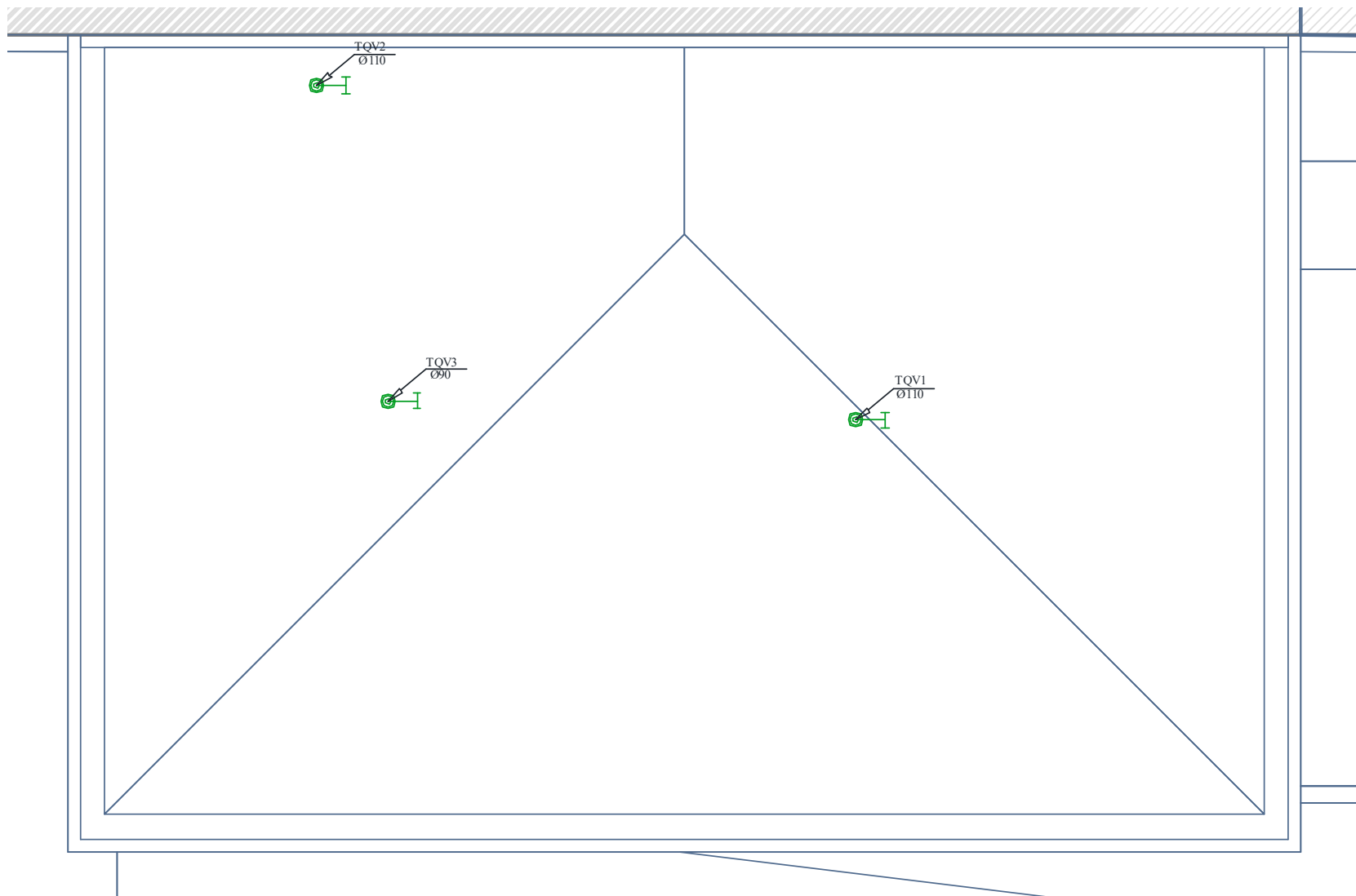
**Figura B.12. Rede de drenagem de águas residuais pelo RGSPPDADAR - Piso 0.**



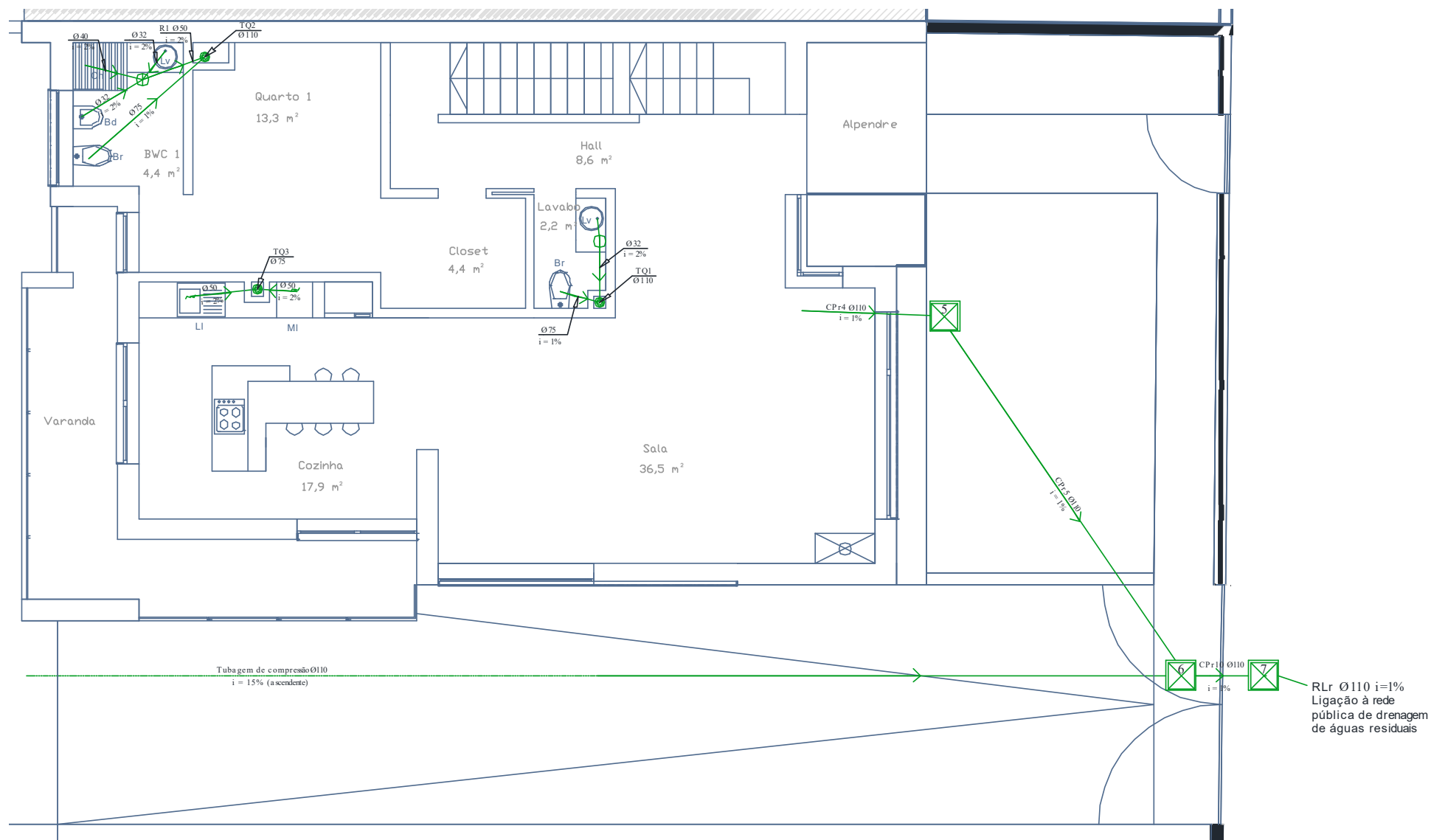
**Figura B.13. Rede de drenagem de águas residuais pelo RGSPDADAR - Piso -1.**



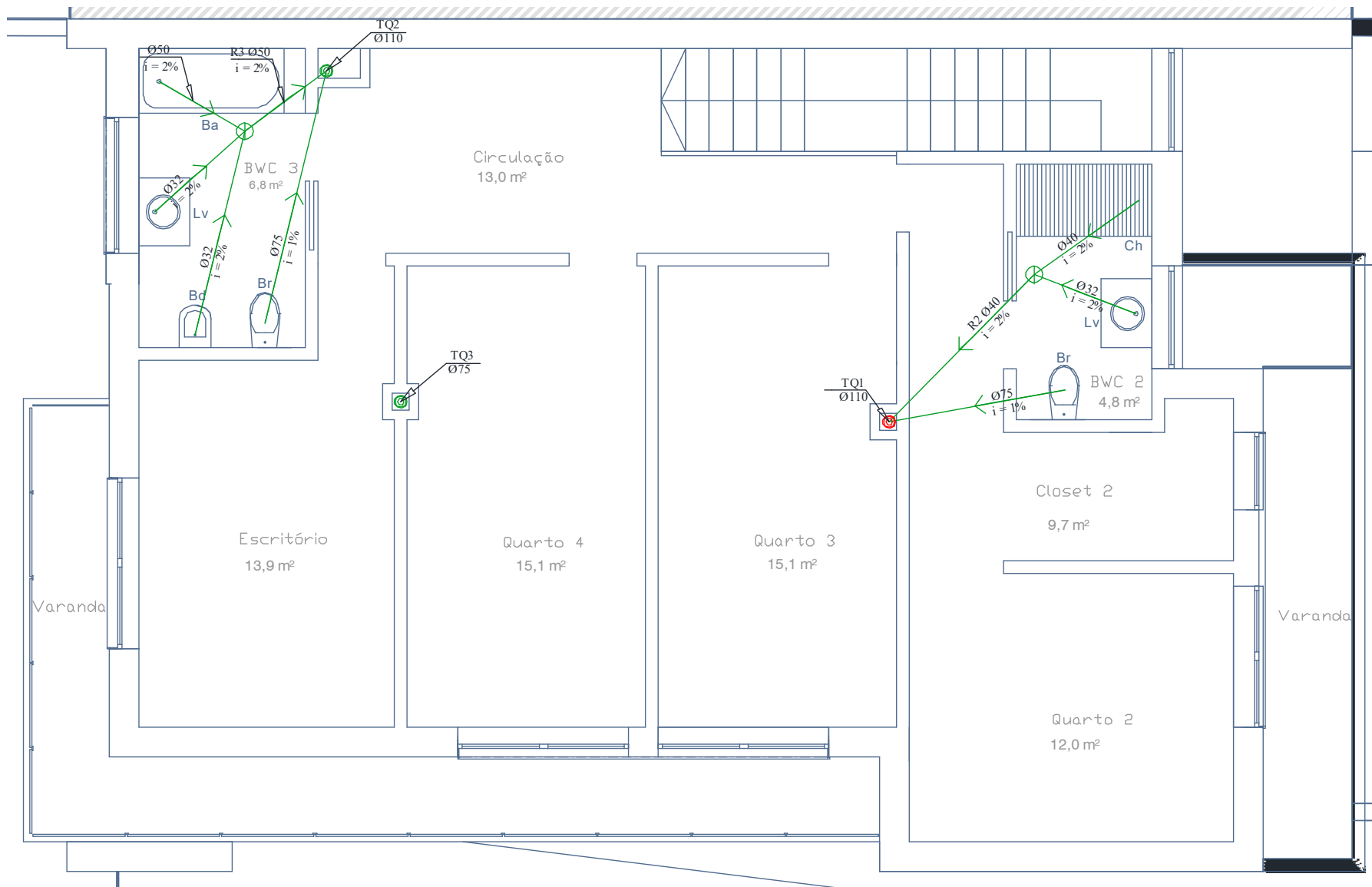
**Figura B.14. Rede de drenagem de águas residuais pelo RGSPDADAR - Piso 1.**



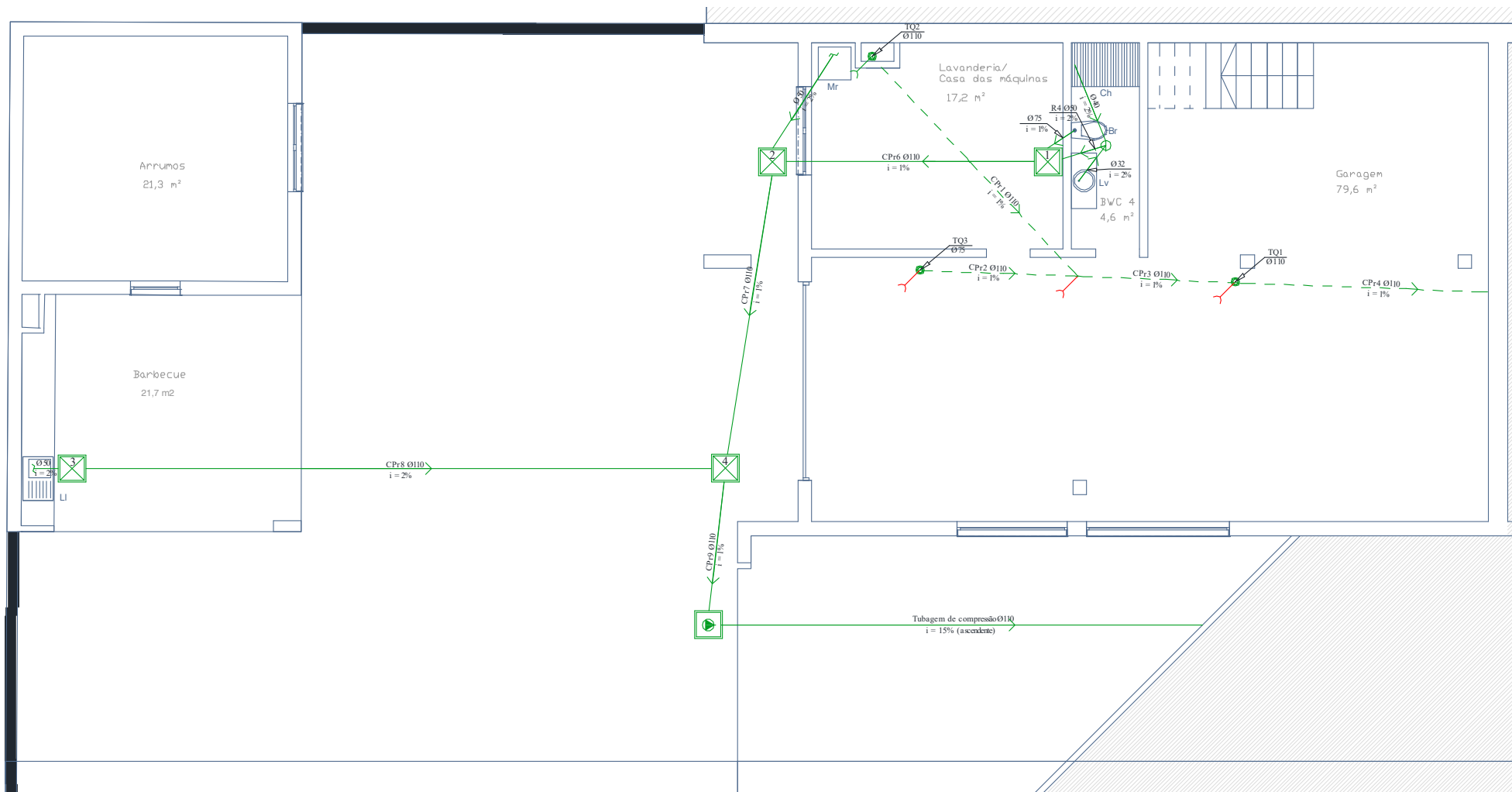
**Figura B.15. Rede de drenagem de águas residuais pelo RGSPDADAR – Cobertura.**



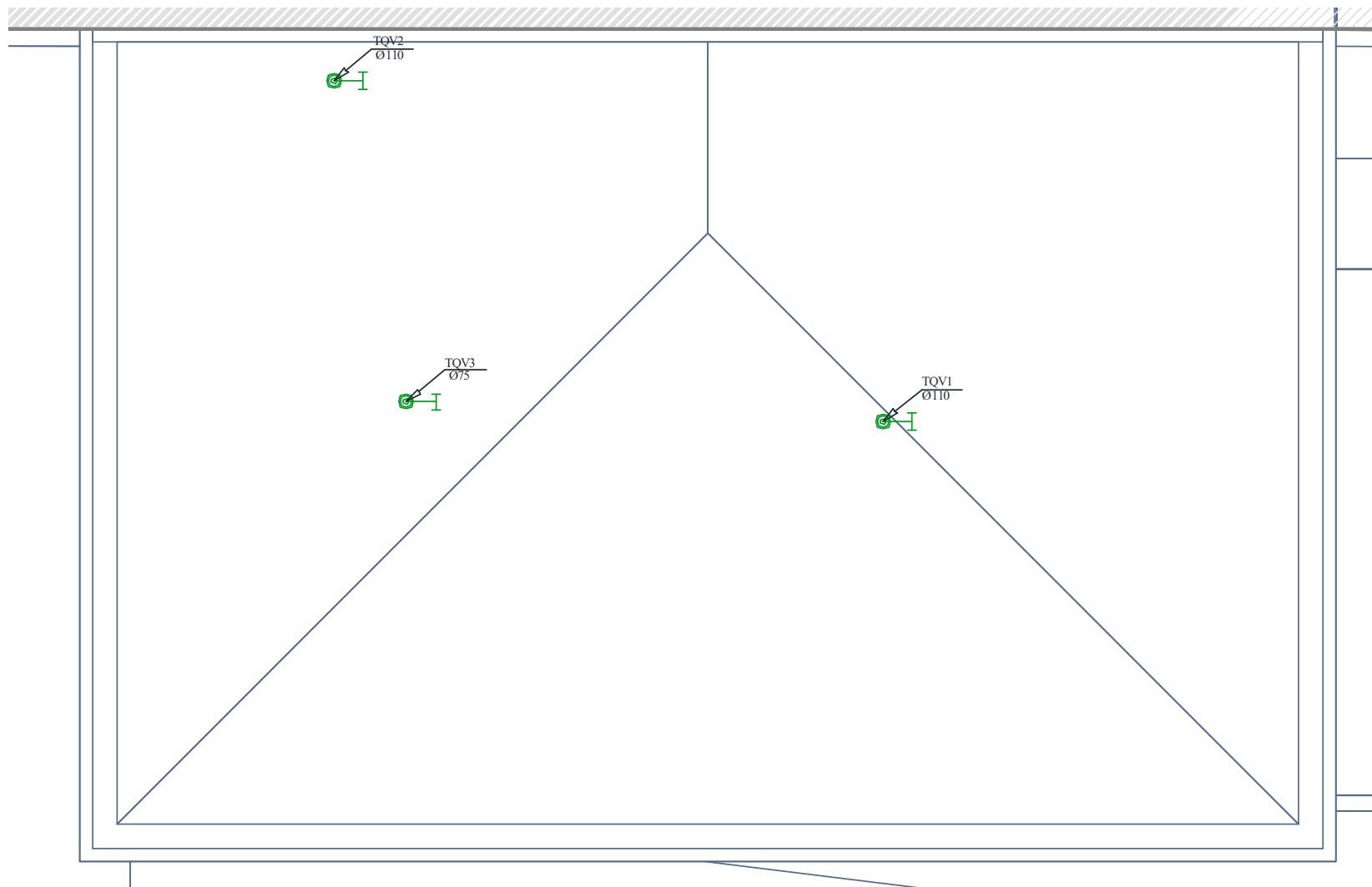
**Figura B. 16. Rede de drenagem de águas residuais pela EN 12056-2 - Piso 0.**



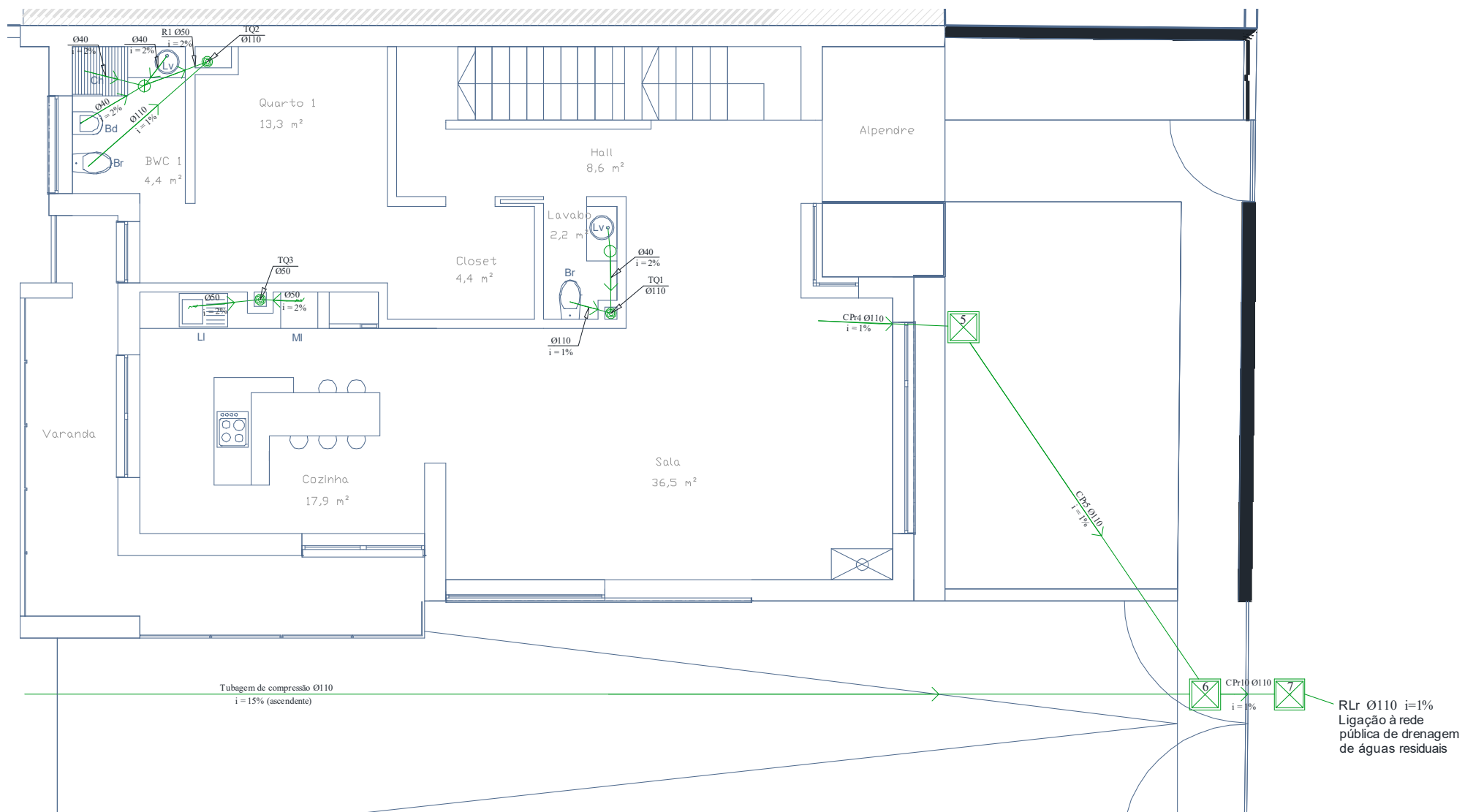
**Figura B.17. Rede de drenagem de águas residuais pela EN 12056-2 - Piso 1.**



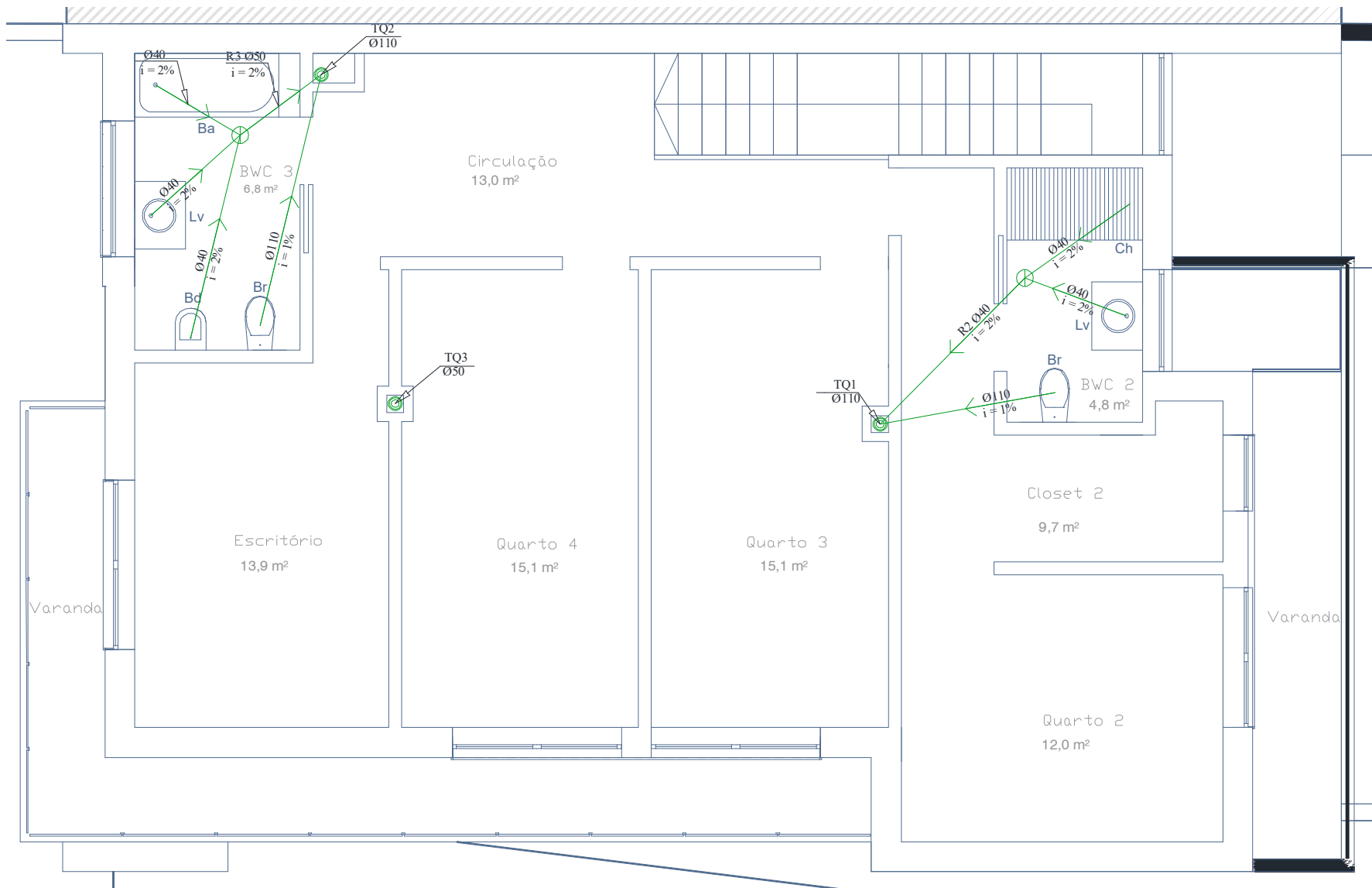
**Figura B.18. Rede de drenagem de águas residuais pela EN 12056-2 - Piso -1.**



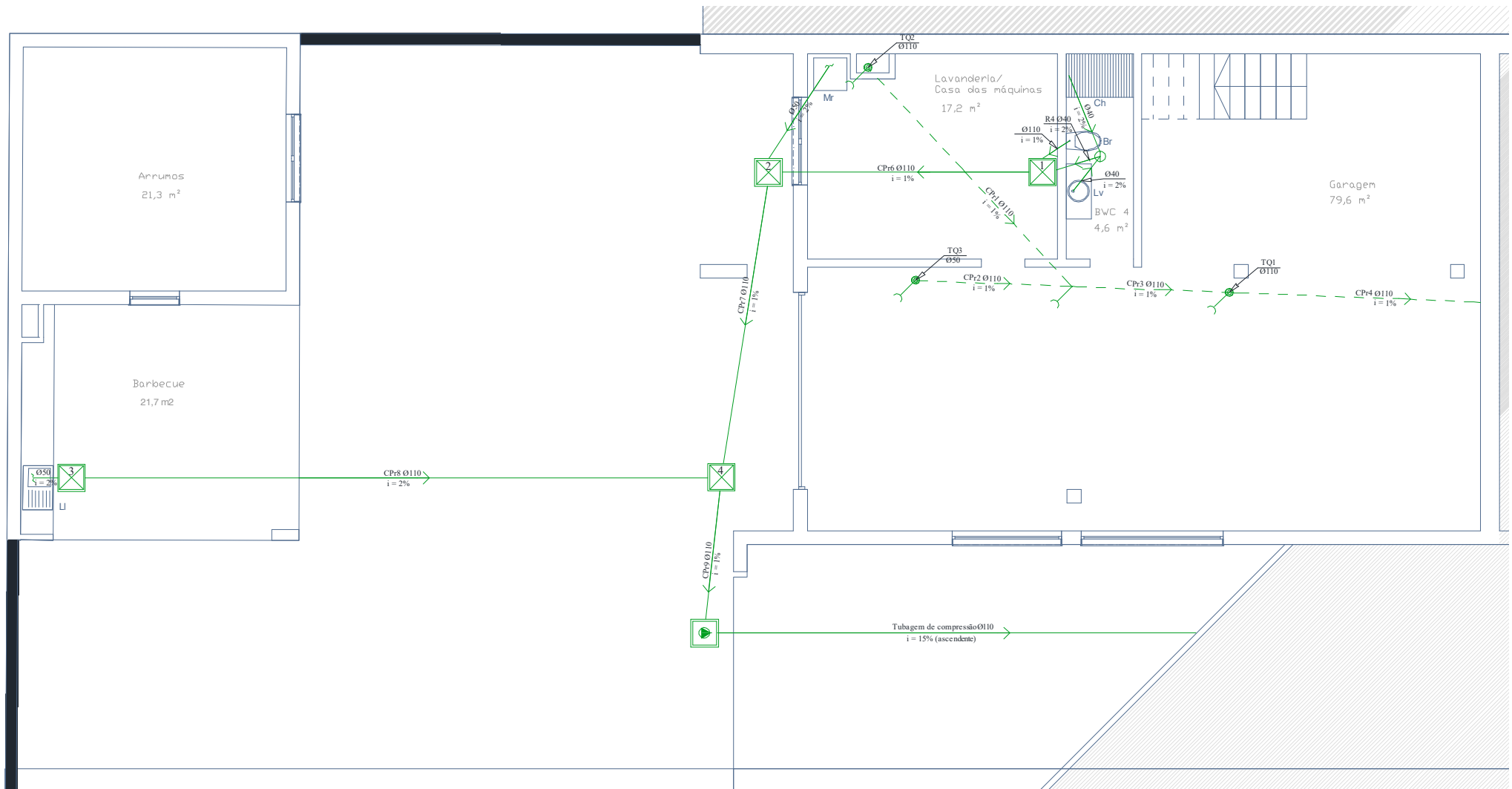
**Figura B.19. Rede de drenagem de águas residuais pela EN 12056-2 – Cobertura.**



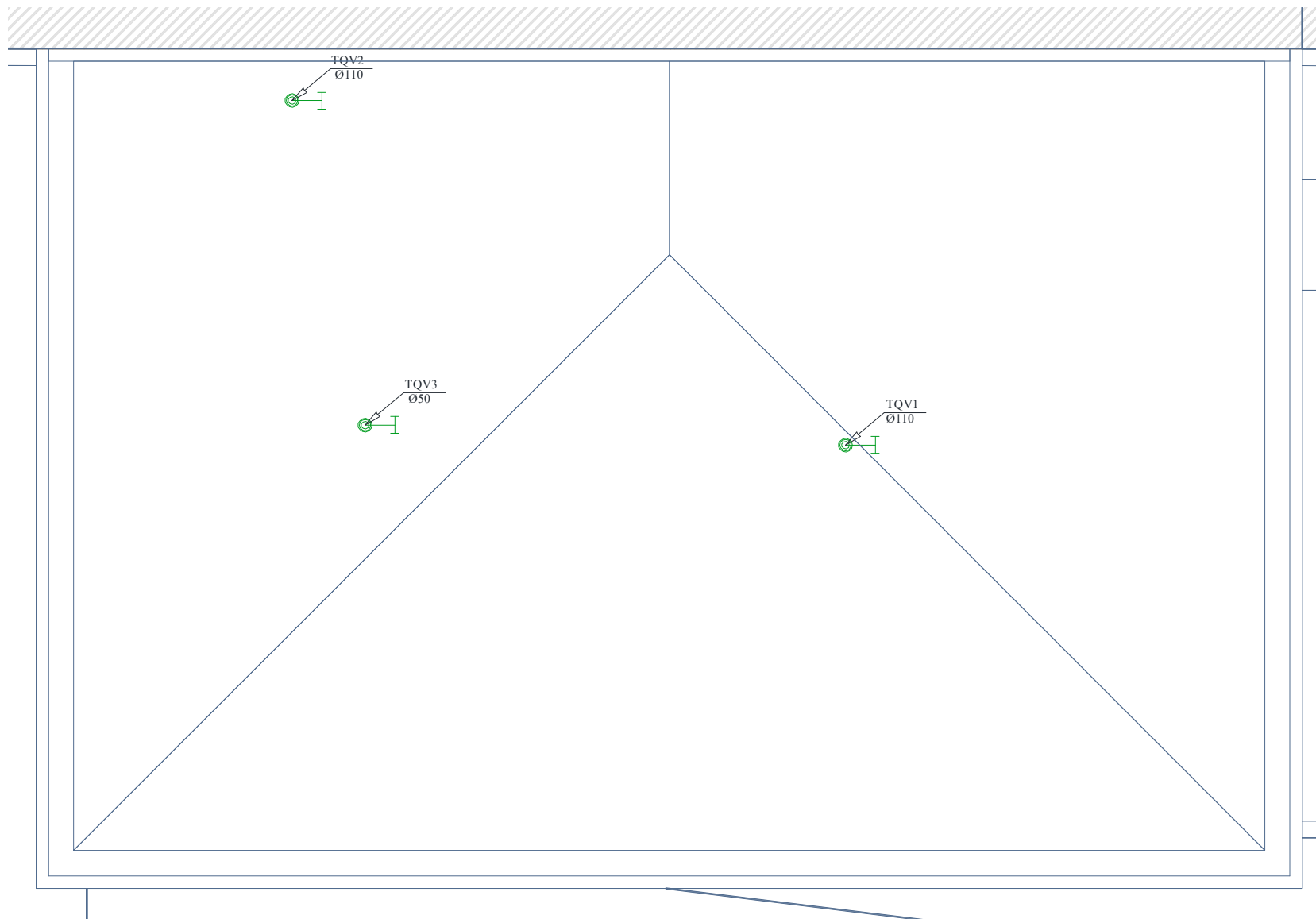
**Figura B.20. Rede de drenagem de águas residuais pela NBR 8160 - Piso 0.**



**Figura B.21. Rede de drenagem de águas residuais pela NBR 8160 - Piso 1.**



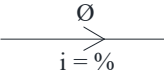
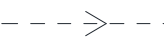
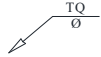
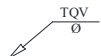



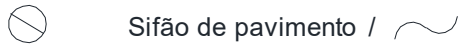



**Figura B.22. Rede de drenagem de águas residuais pela NBR 8160 - Piso -1.**



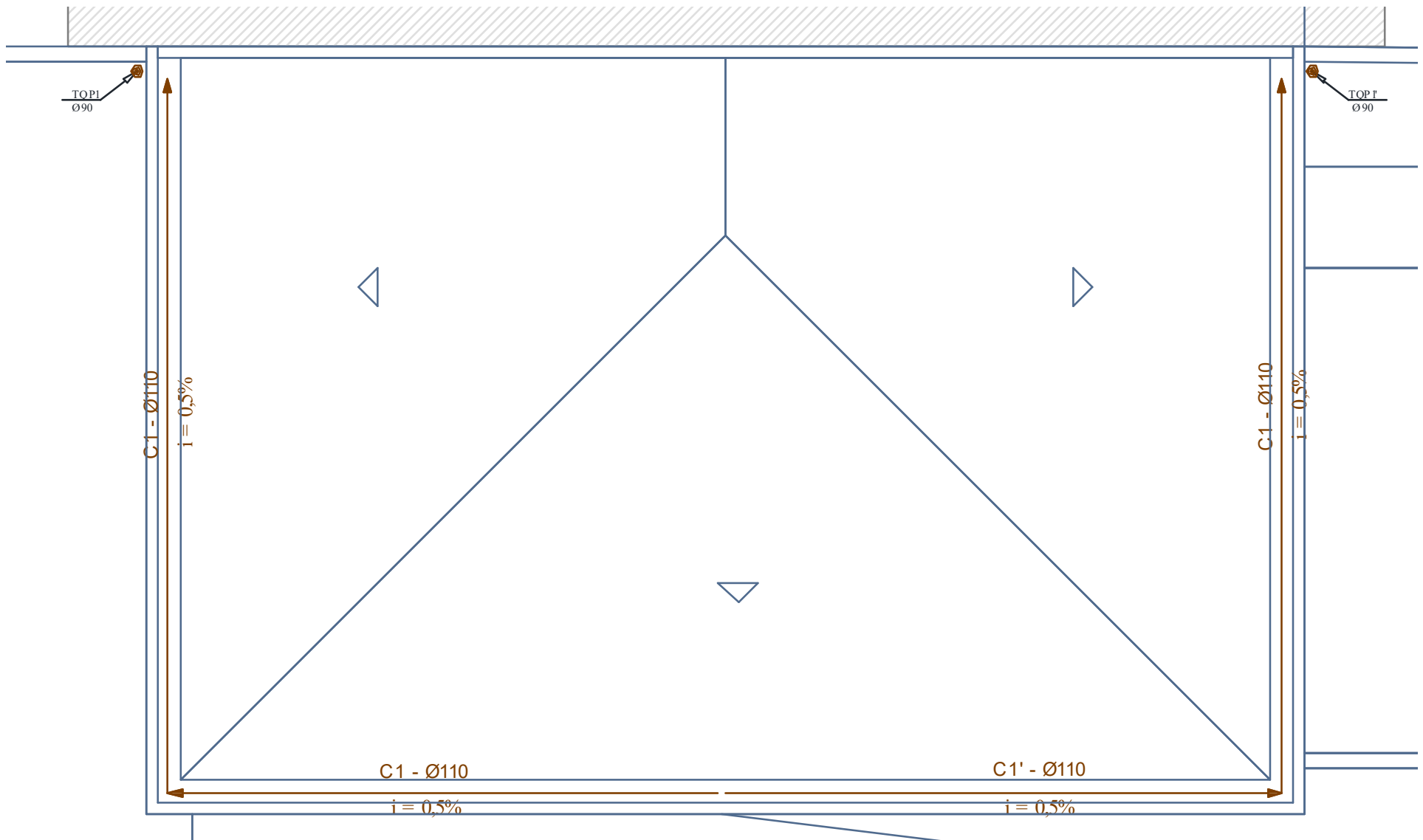
**Figura B.23. Rede de drenagem de águas residuais pelo NBR 8160 – Cobertura.**



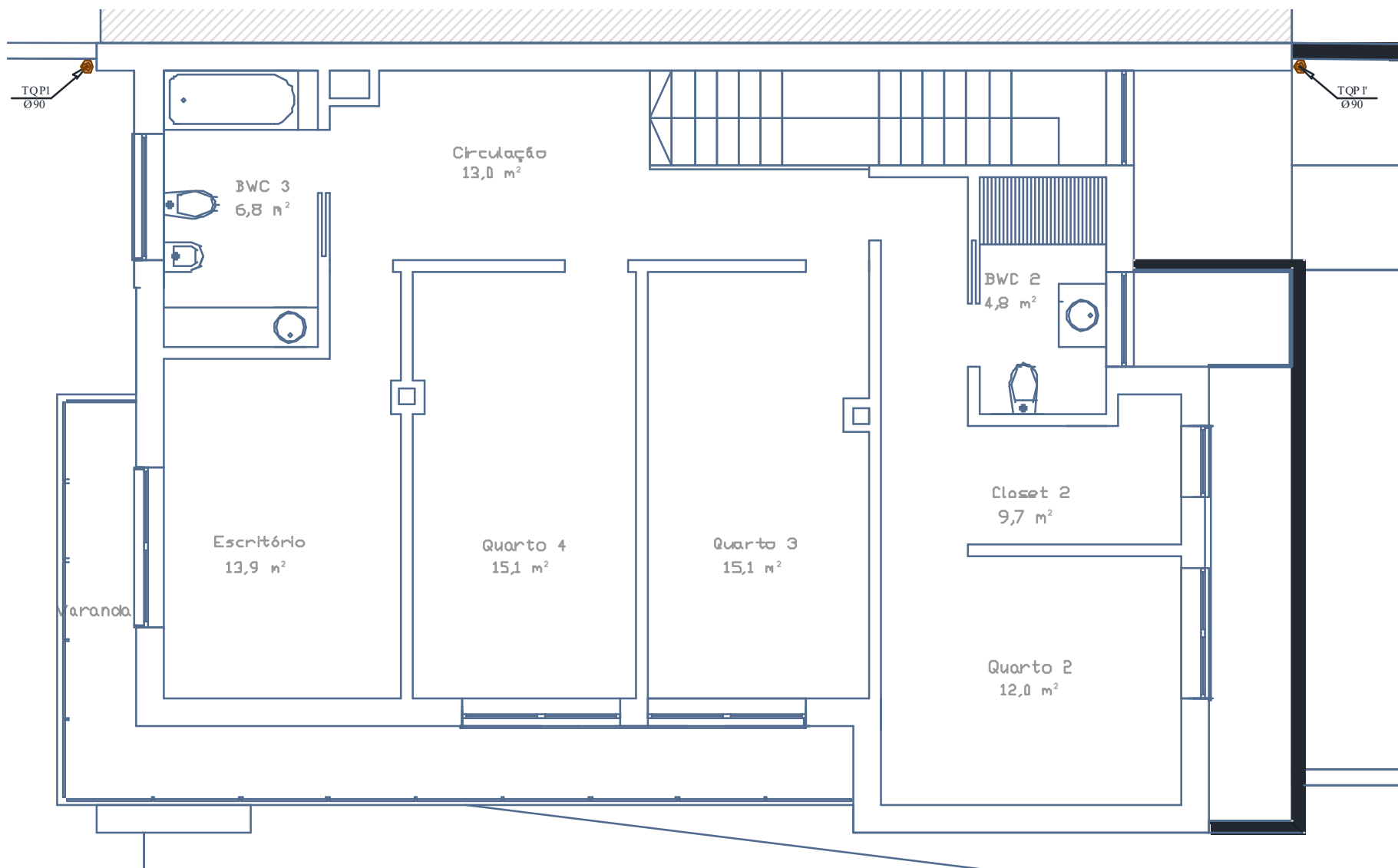
## LEGENDA

	Canalização de águas residuais domésticas (em PVC de acordo com a NP EN 1329:1) e sentido do escoamento (i - inclinação da tubagem) embutida no pavimento
	Canalização de águas residuais domésticas (em PVC de acordo com a NP EN 1329:1) e sentido do escoamento (i - inclinação da tubagem) alojada sob teto falso
	Tubo de queda em PVC de acordo com a NP EN 1329:1
	Tubo de ventilação em PVC de acordo com a NP EN 1329:1
	Caixas de reunião com tampa acessível
	Sistema de bombagem
	Caixa de pavimento
	Sifão de pavimento /  Sifão Embutido nos Aparelhos
	Boca de limpeza
	Terminal de ventilação

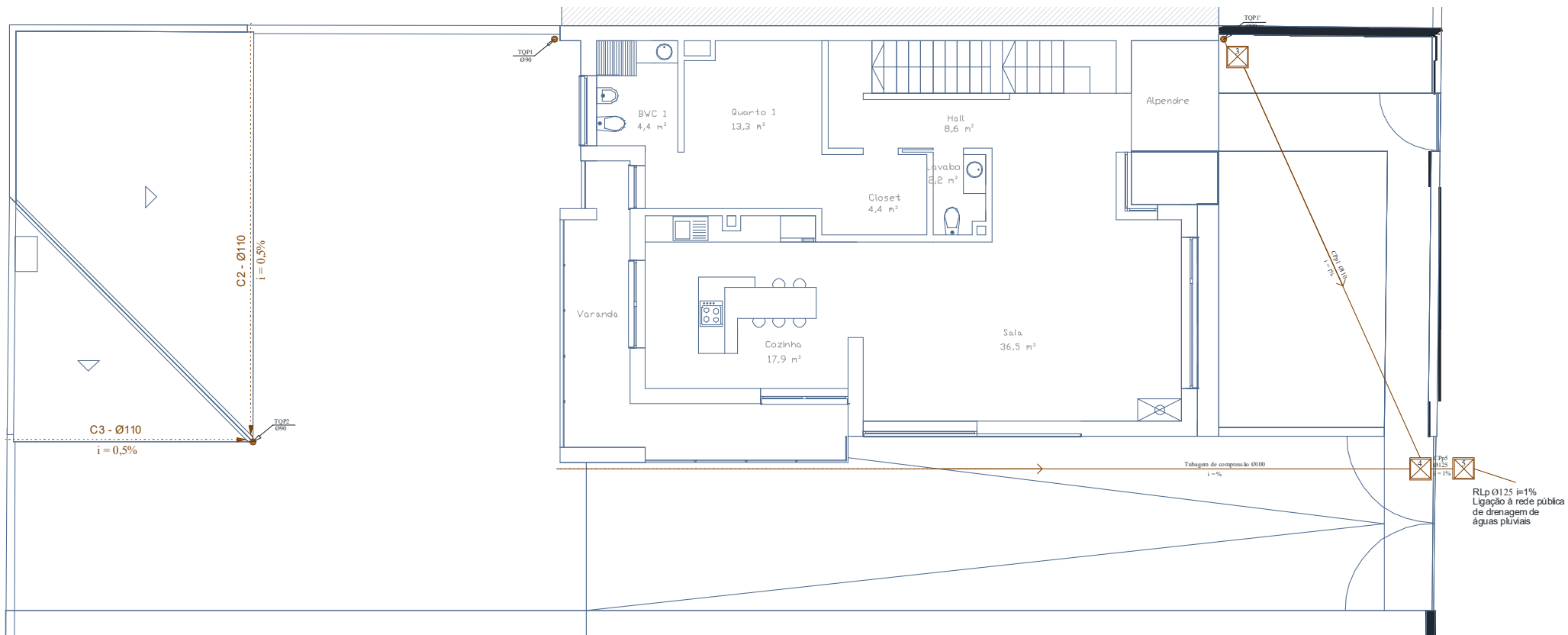
**Figura B.24. Legenda redes de drenagem de águas residuais.**



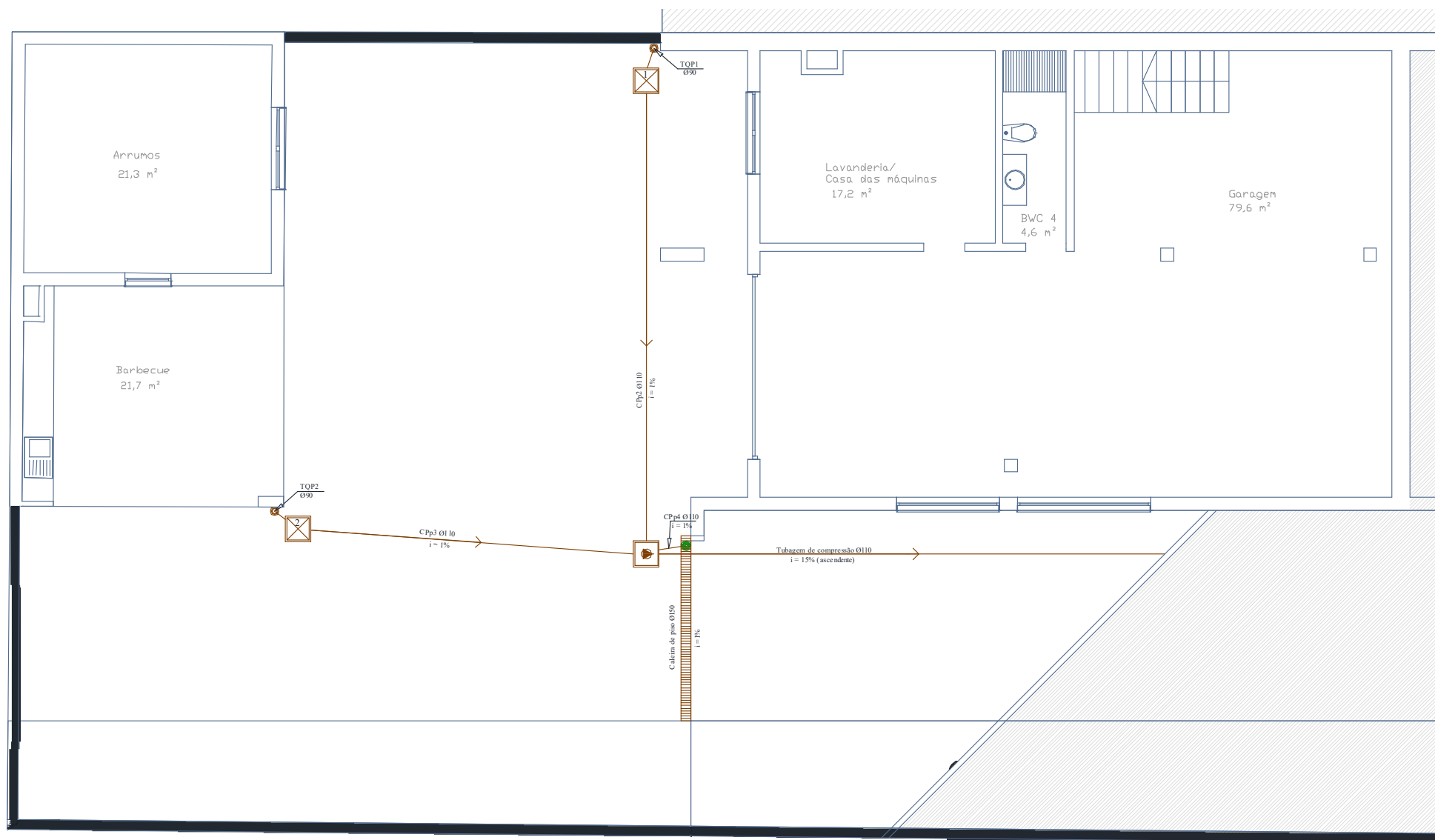
**Figura B.25. Rede de drenagem de águas pluviais pelo RGSPDADAR - Cobertura.**



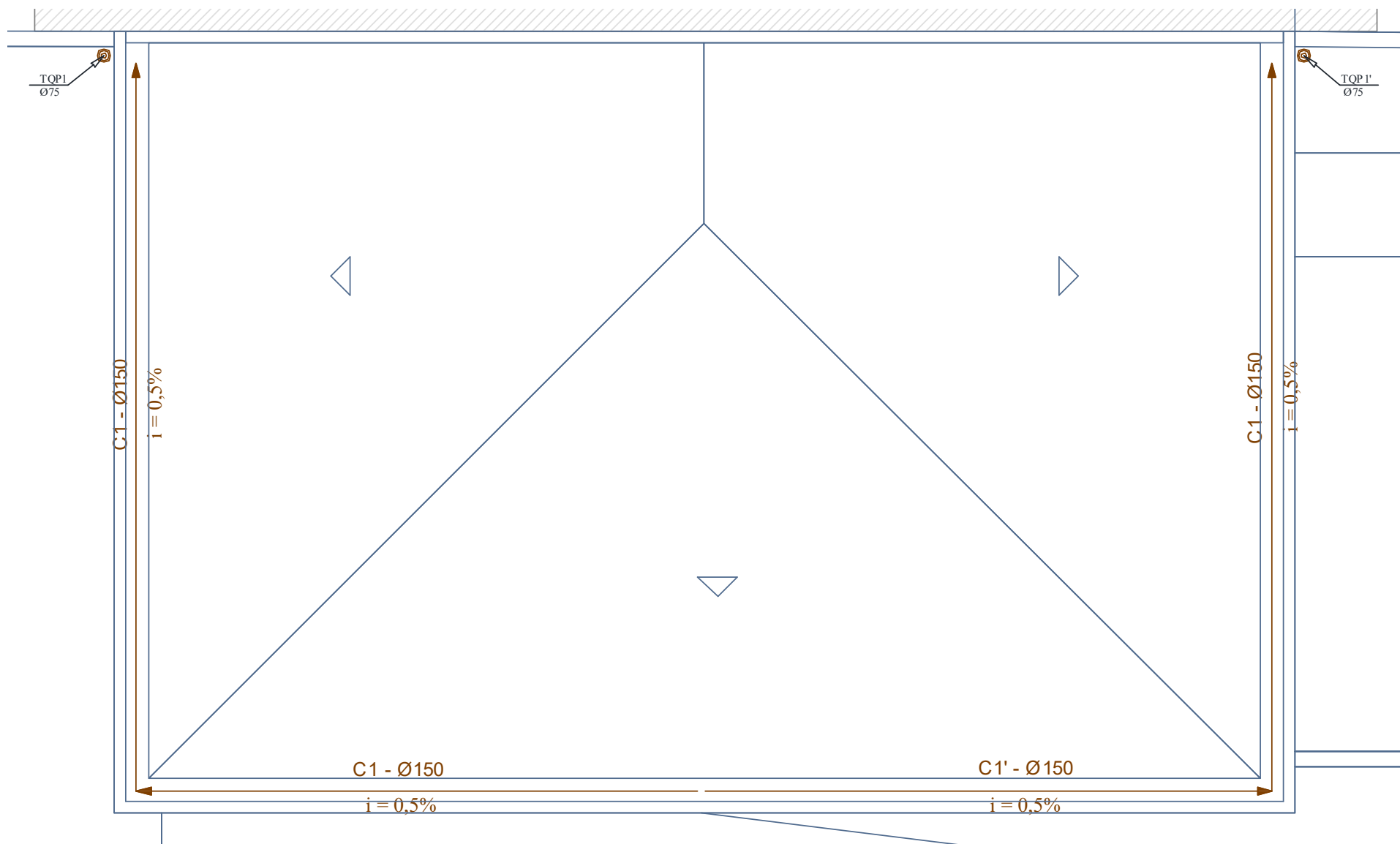
**Figura B.26. Rede de drenagem de águas pluviais pelo RGSPDADAR - Piso 1.**



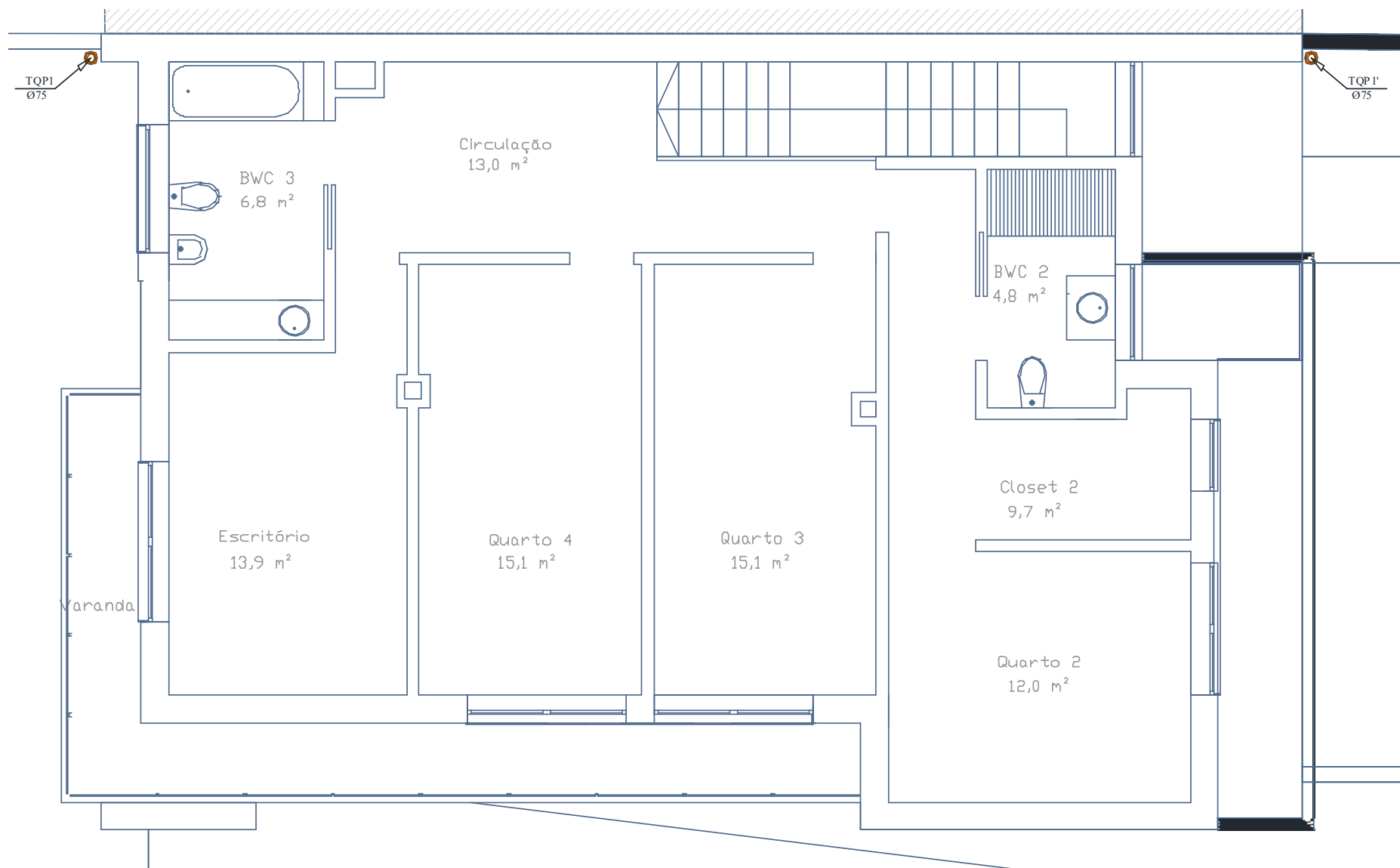
**Figura B.27. Rede de drenagem de águas pluviais pelo RGSPDADAR - Piso 0.**



**Figura B.28. Rede de drenagem de águas pluviais pelo RGSPDADAR - Piso -1.**



**Figura B.29. Rede de drenagem de águas pluviais pela EN 12056-3 – Cobertura.**



**Figura B.30. Rede de drenagem de águas pluviais pela EN 12056-3 - Piso 1.**

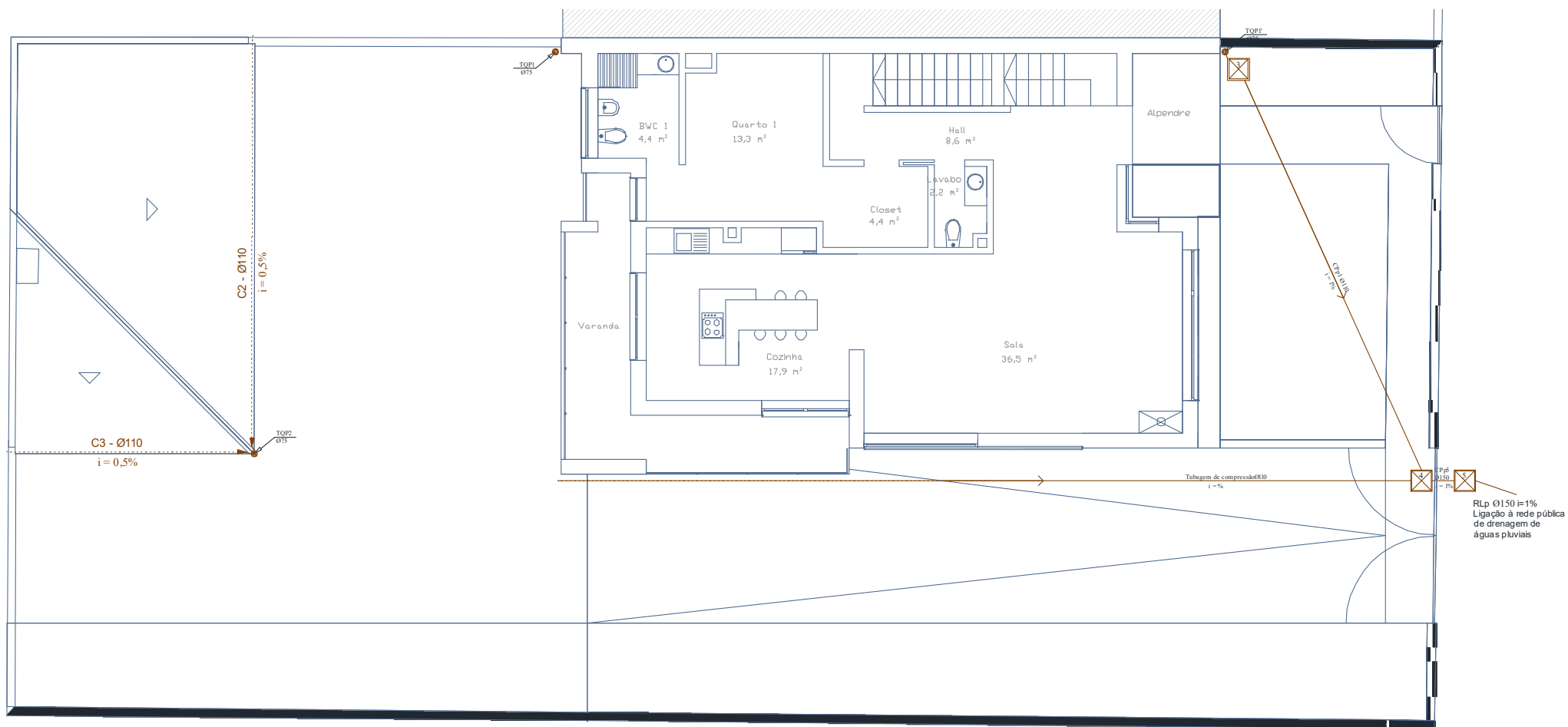
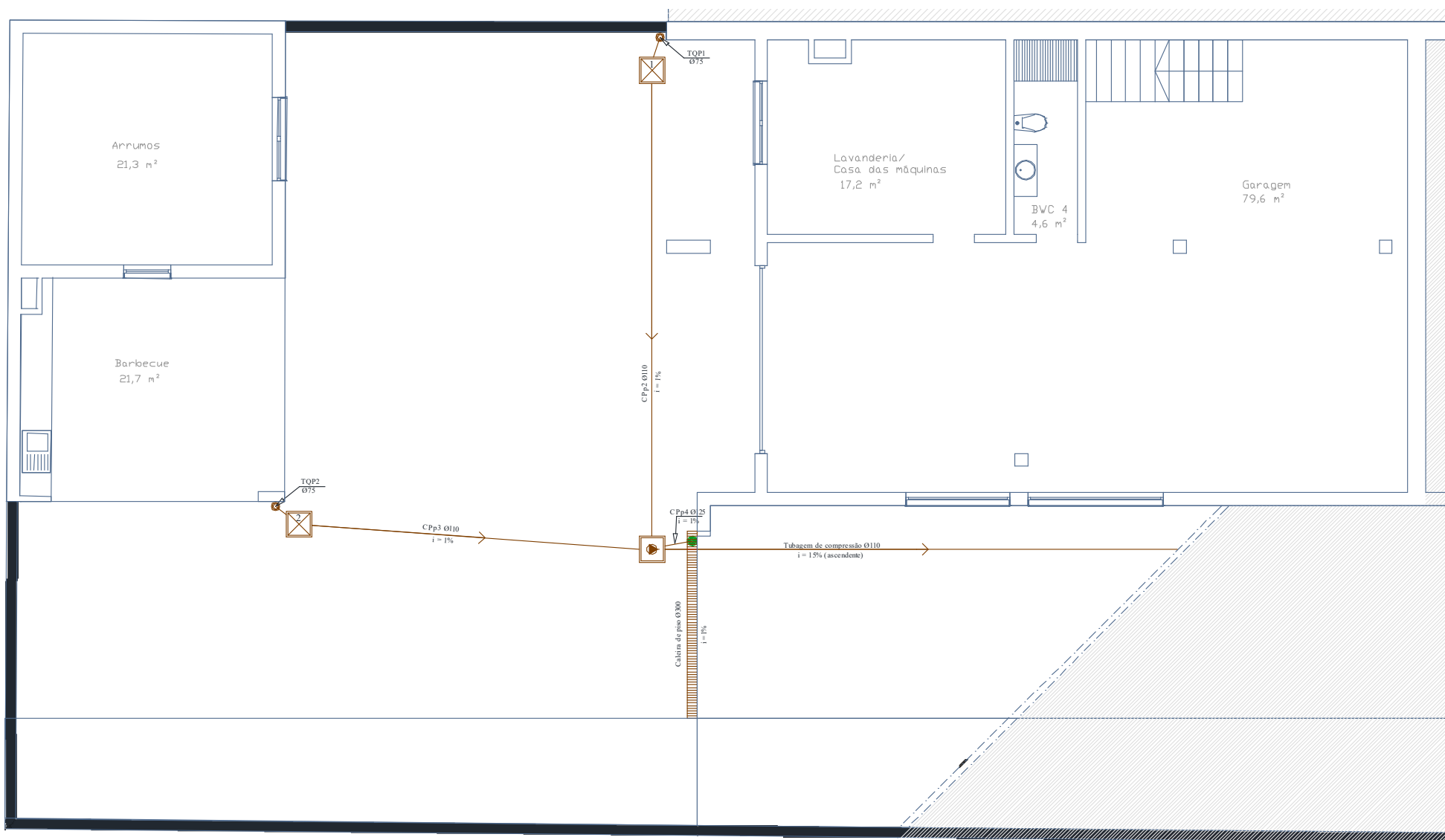
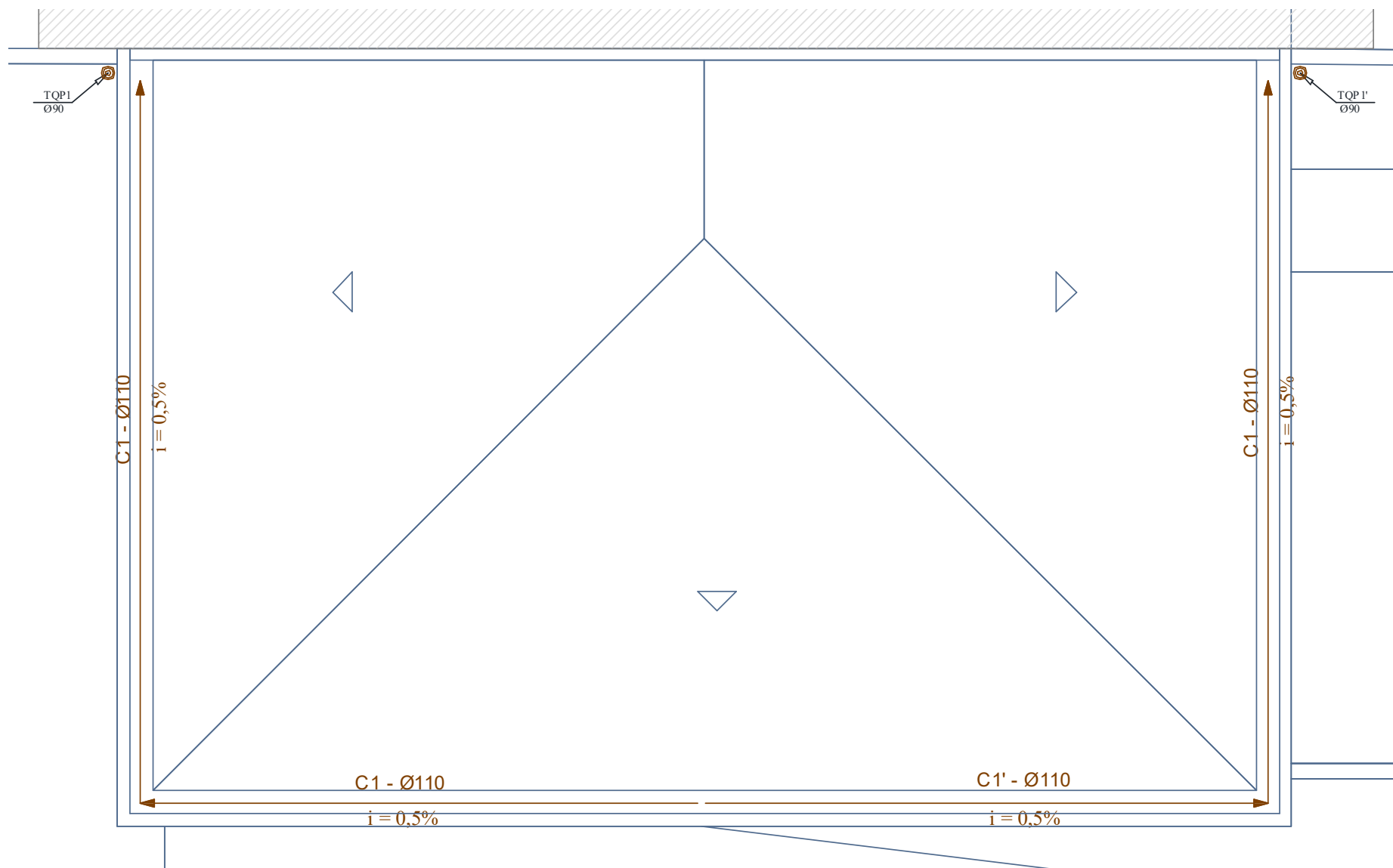


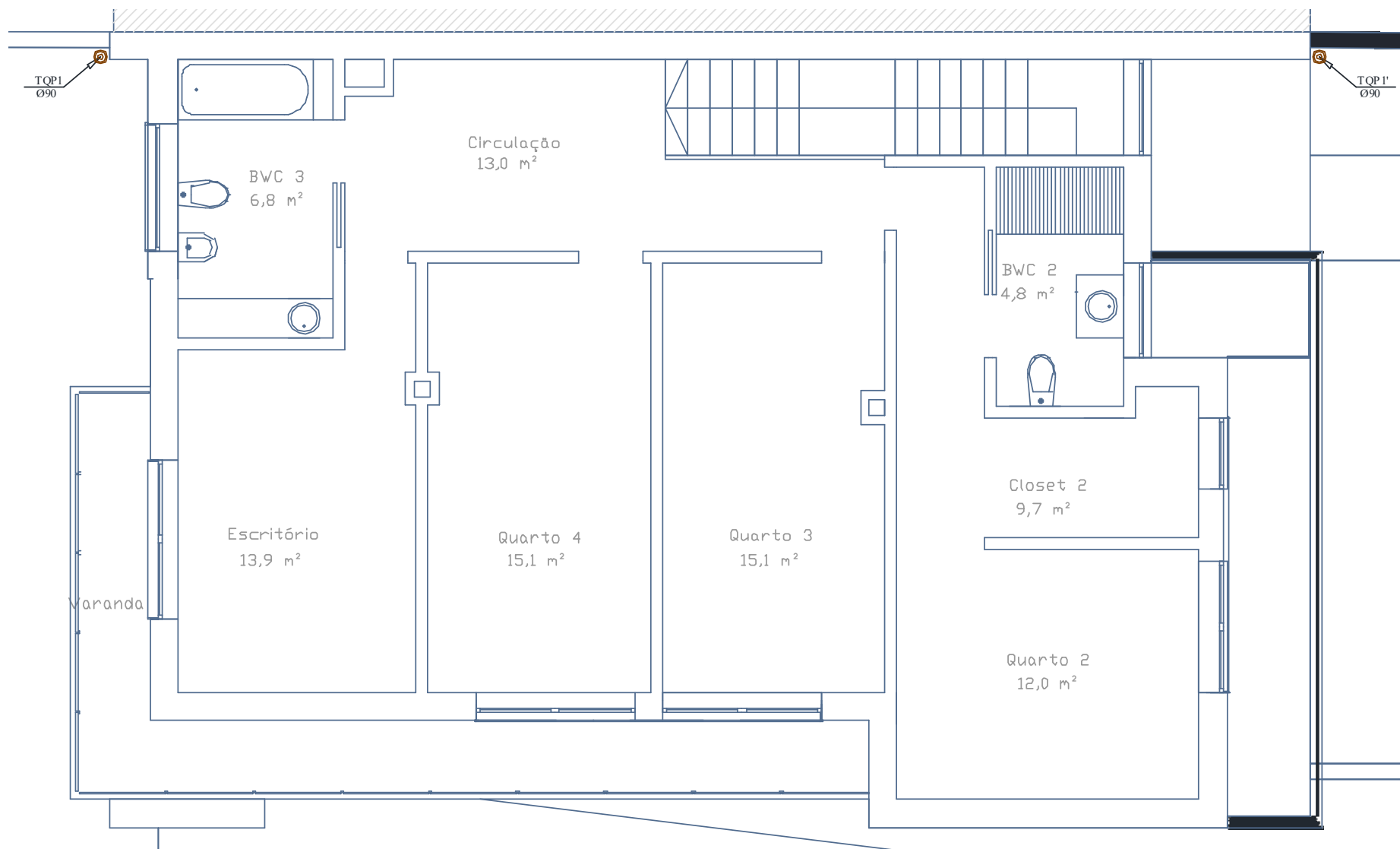
Figura B.31. Rede de drenagem de águas pluviais pela EN 12056-3 - Piso 0.



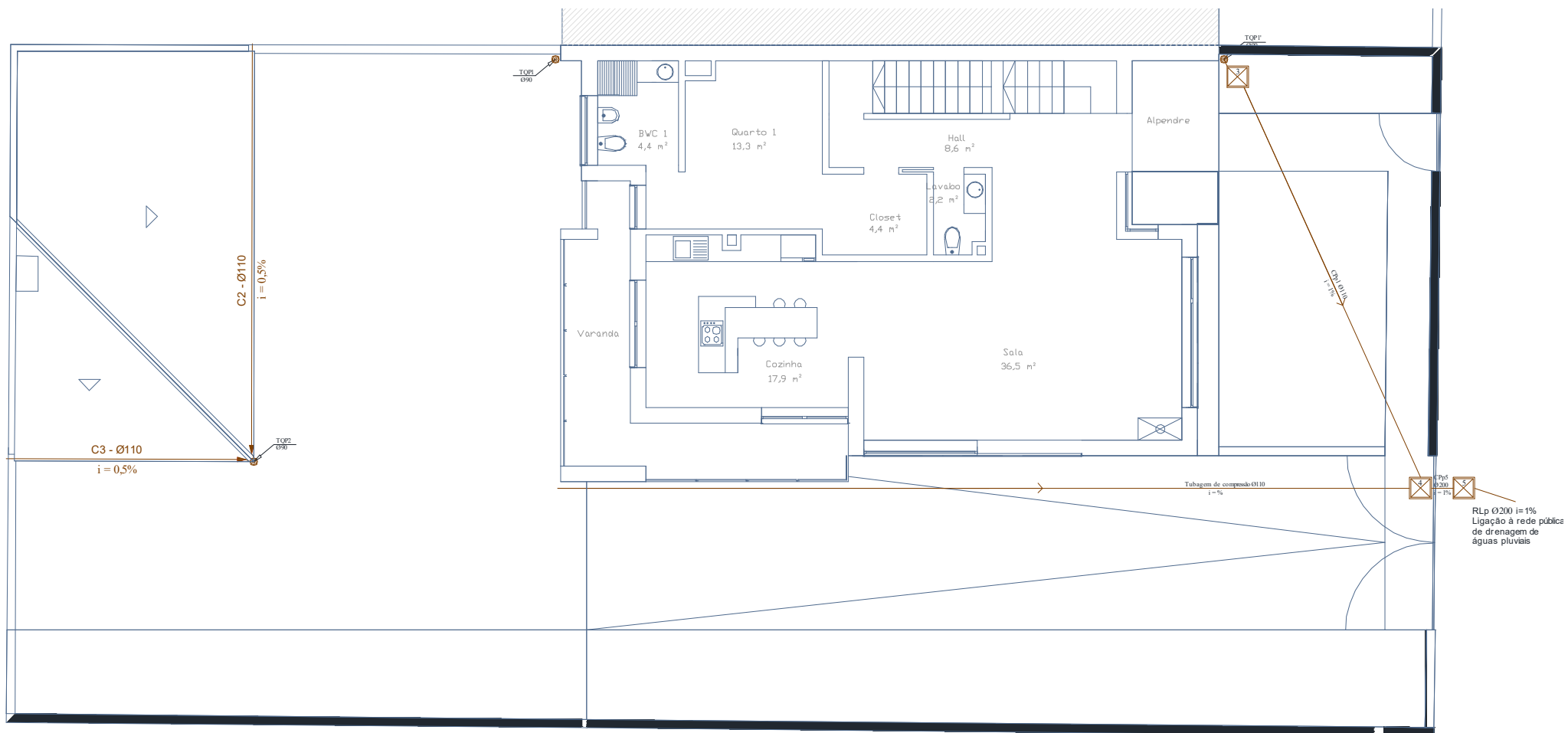
**Figura B.32. Rede de drenagem de águas pluviais pela EN 12056-3 - Piso -1.**



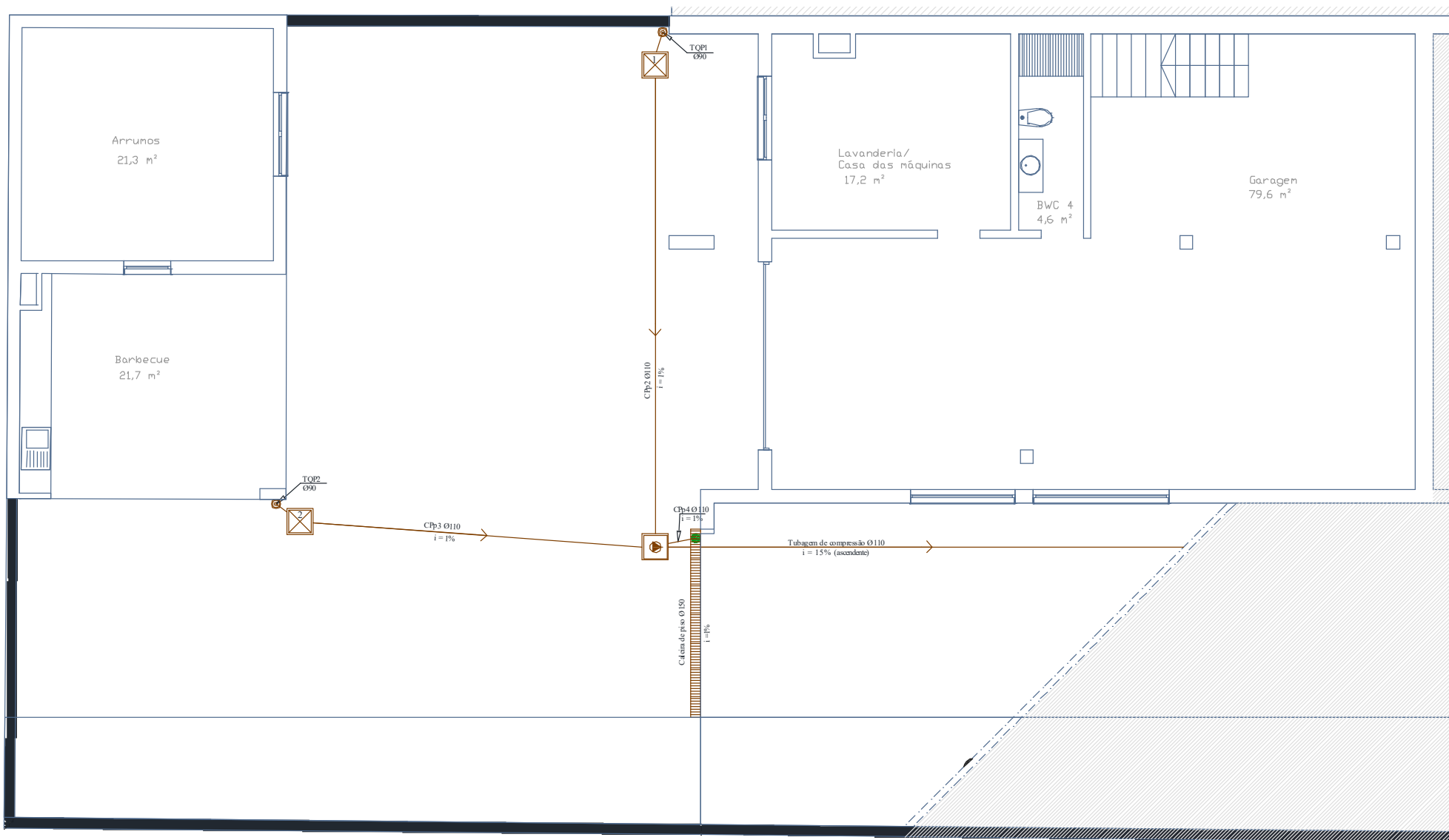
**Figura B.33. Rede de drenagem de águas pluviais pela NBR 10844 – Cobertura.**



**Figura B.34. Rede de drenagem águas pluviais pela NBR 10844 - Piso 1.**

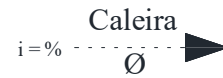


**Figura B.35. Rede de drenagem de águas pluviais pela NBR 10844 - Piso 0.**



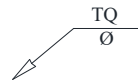
**Figura B.36. Rede de drenagem de águas pluviais pela NBR 10844 - Piso -1.**

## LEGENDA



Caleira

Número de Caleira (Alumínio Lacado)  
Diâmetro e inclinação em %



Tubo de queda em Alumínio Lacado e Diâmetro



Caixas de reunião com tampa acessível



Sistema de bombagem



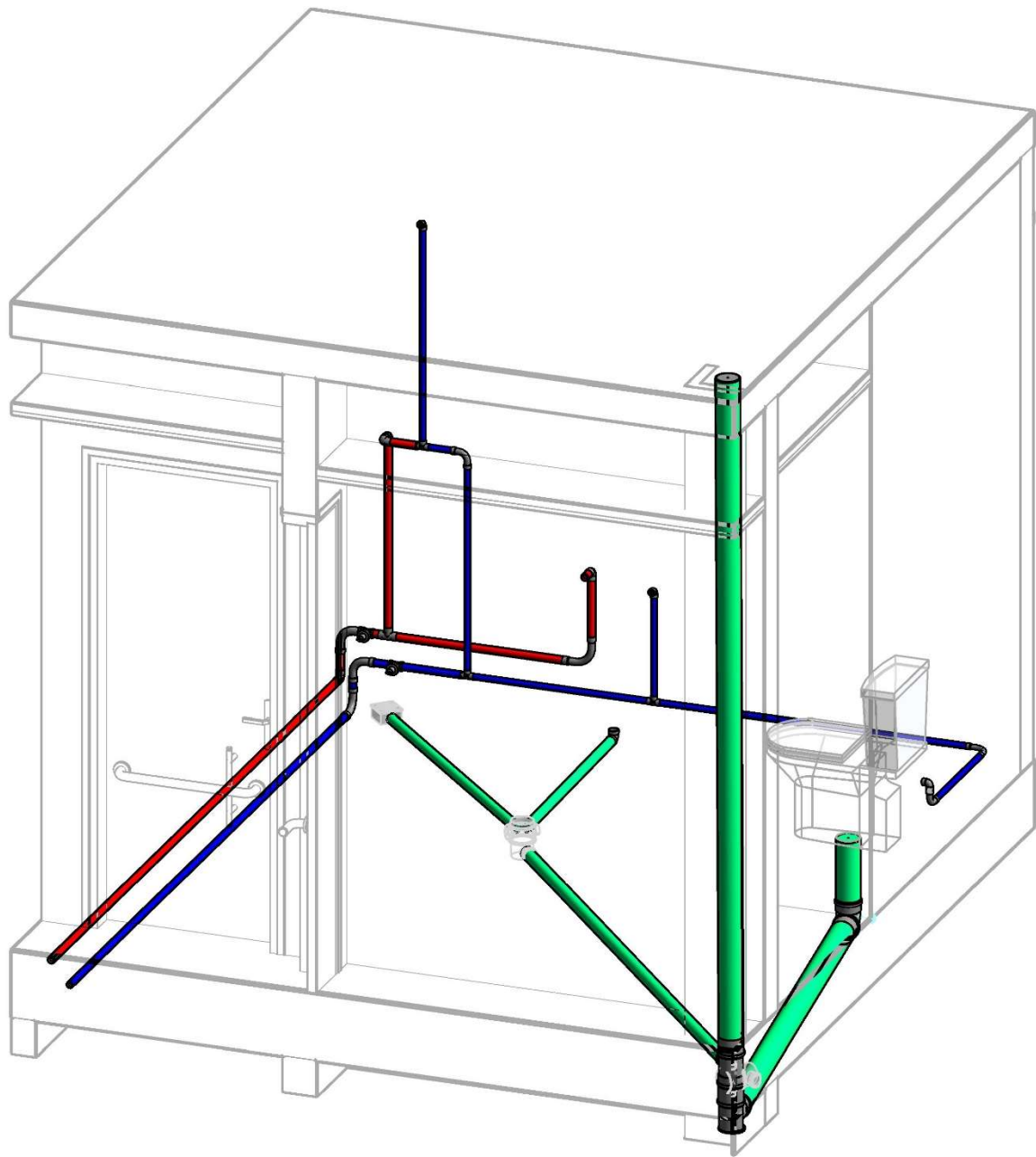
Sifão de campainha



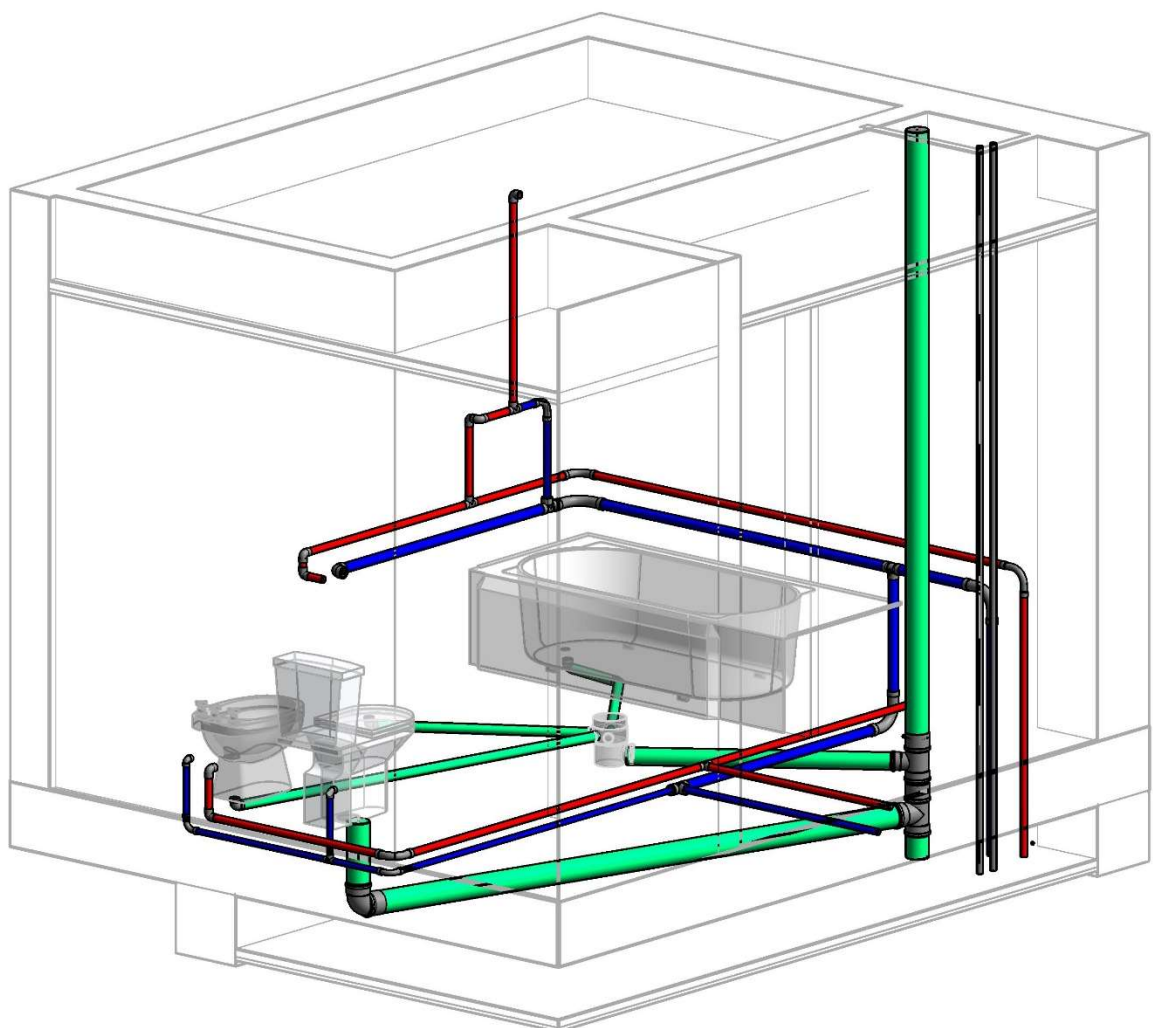
Caleira de piso tipo grelha

**Figura B.37. Legenda redes de drenagem de águas pluviais.**

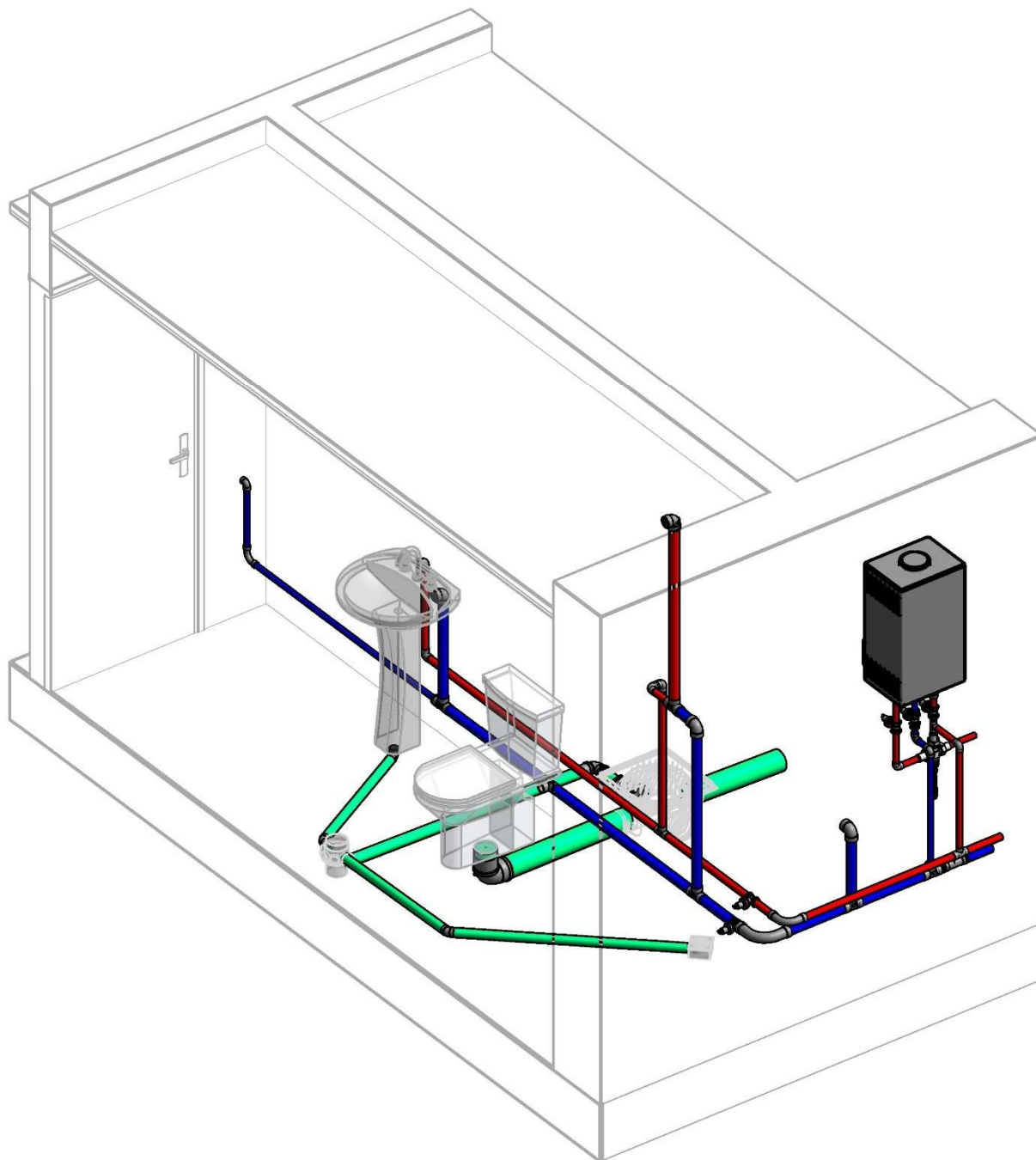
# **Anexo C – Vistas 3D do projeto**



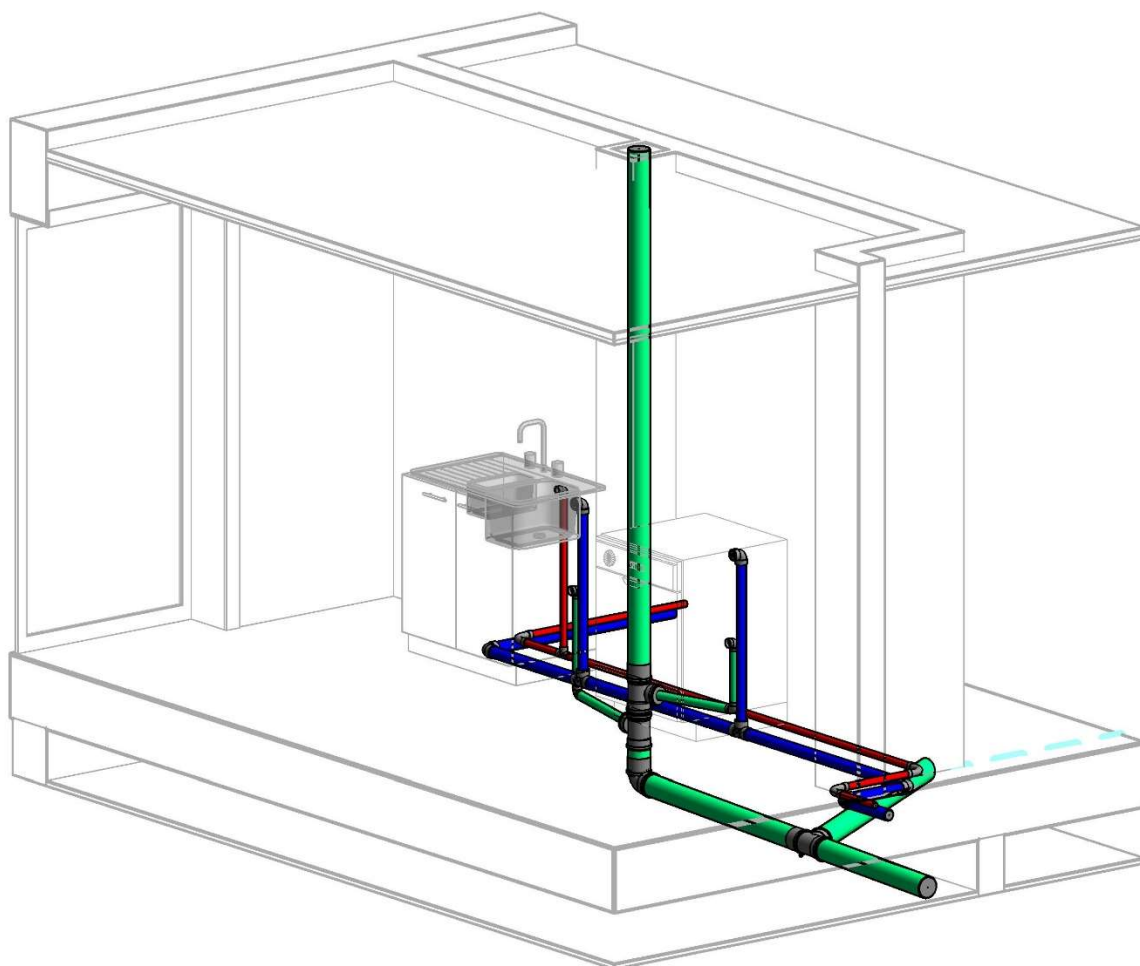
**Figura C.1. Vista 3D do BWC 2.**



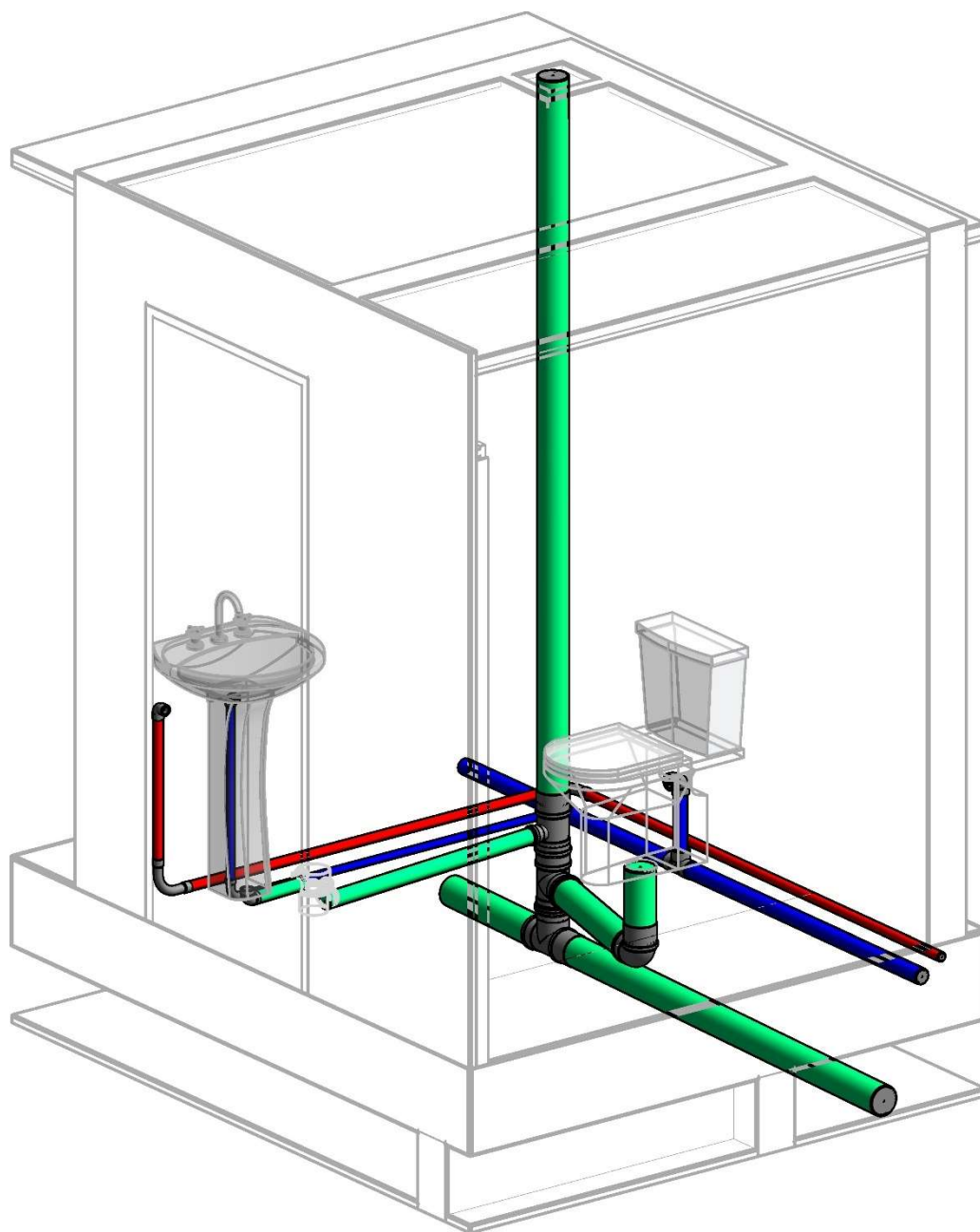
**Figura C.2. Vista 3D do BWC 3.**



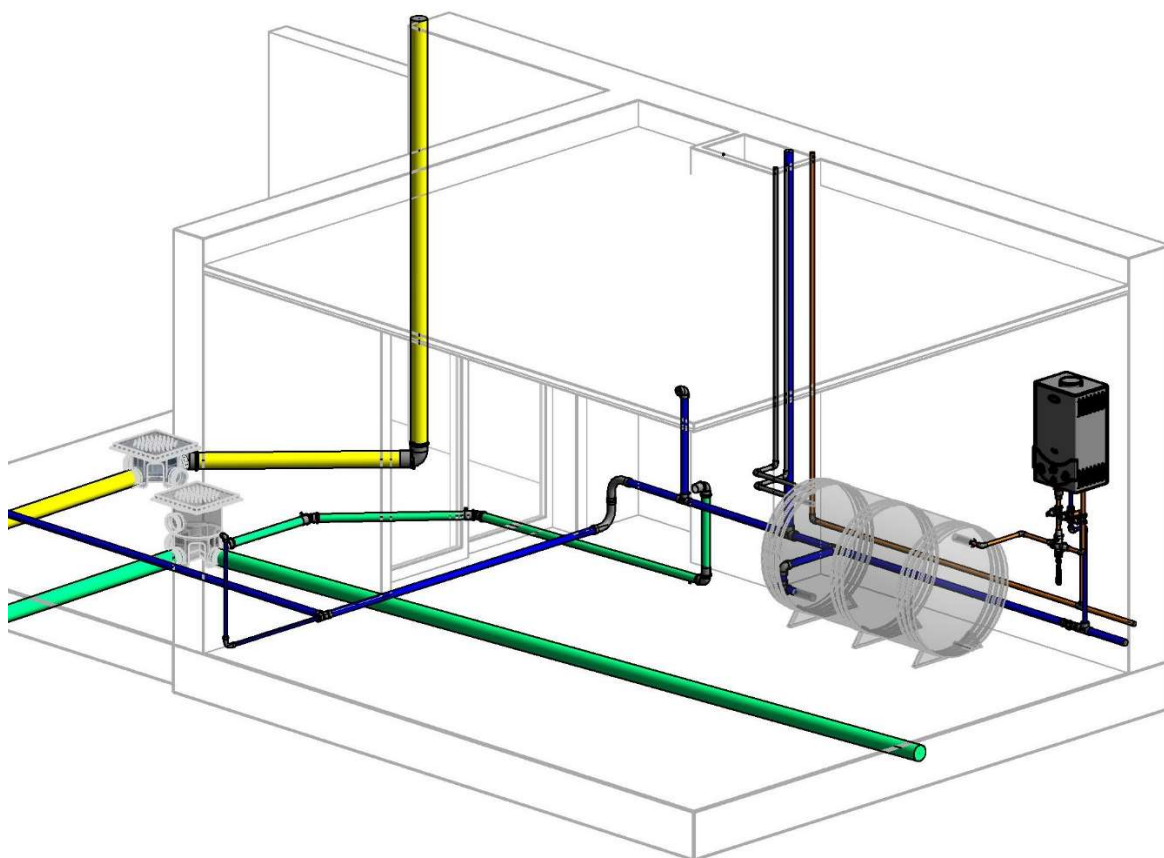
**Figura C.3. Vista 3D do BWC 4.**



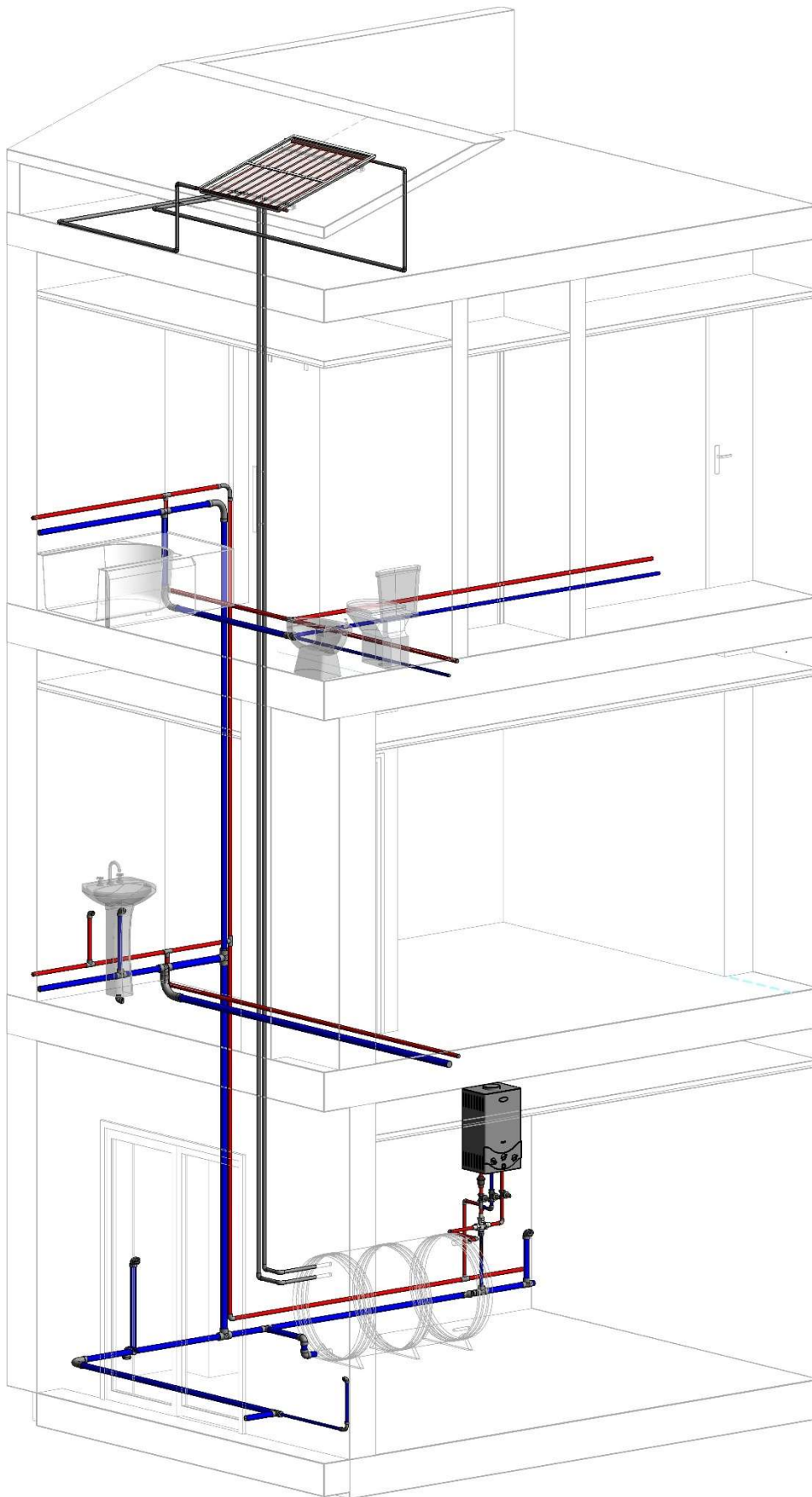
**Figura C.4. Vista 3D da Cozinha.**



**Figura C.5. Vista 3D do Lavabo.**



**Figura C.6. Vista 3D da Lavanderia/Casa de Máquinas.**



**Figura C.7. Vista 3D sistema de aquecimento de água.**

# **Anexo D – Dimensionamento detalhado da rede de abastecimento de água**

**Tabela D.1. Dimensionamento da rede predial de distribuição de água de acordo com o RGSPDADAR**

Troço	Caudal Acum. $Q_{acum}$ [L/s]	Caudal de Cálculo $Q_a$ [L/s]	DN [mm]	$D_{int}$ [mm]	Velocidade [m/s]	Perda de Carga unitária [m/m]	Perda de carga contínua [m]	Perdas de carga localizadas [m]	Desnível geométrico [m]	Pressão a montante [m.c.a]	Pressão a Jusante [m.c.a]
<b>PISO 0</b>											
AF1	8,35	1,63	<b>63</b>	42	1,18	0,038	0,31	5,06	0	26,42	21,05
AF2	0,45	0,36	<b>32</b>	21,2	1,03	0,070	0,10	0,02	0,95	21,05	19,98
AF3	7,90	1,58	<b>63</b>	42	1,14	0,036	0,14	0,03	0,00	21,05	20,88
AF4	0,10	0,17	<b>20</b>	13,2	1,22	0,171	0,34	0,07	0,75	20,88	19,72
AF5	7,80	1,57	<b>63</b>	42	1,14	0,035	0,03	0,01	0,25	20,88	20,60
AF6	0,10	0,17	<b>20</b>	13,2	1,22	0,171	0,02	0,00	0,10	20,60	20,48
AF7	7,70	1,56	<b>63</b>	42	1,13	0,035	0,16	0,03	0,00	20,60	20,40
AF8	0,15	0,21	<b>25</b>	16,6	0,95	0,083	0,08	0,02	1,00	20,40	19,31
AF9	7,55	1,55	<b>63</b>	42	1,12	0,034	0,04	0,01	0,00	20,40	20,36
AF10	0,20	0,24	<b>25</b>	16,6	1,11	0,107	0,10	0,02	1,00	20,36	19,23
AF11	7,35	1,52	<b>63</b>	42	1,10	0,033	0,16	0,03	0,00	20,36	20,16
AF12	0,45	0,36	<b>32</b>	21,2	1,03	0,070	0,03	0,01	0,00	20,16	20,13
AF13	0,10	0,17	<b>20</b>	13,2	1,22	0,171	0,08	0,02	0,50	20,13	19,54
AF14	0,35	0,32	<b>32</b>	21,2	0,90	0,055	0,08	0,02	0,00	20,13	20,03
AF15	0,15	0,21	<b>25</b>	16,6	0,95	0,083	0,17	0,03	2,00	20,03	17,83
AF16	0,20	0,24	<b>25</b>	16,6	1,11	0,107	0,12	0,02	0,00	20,03	19,90
AF17	0,10	0,17	<b>20</b>	13,2	1,22	0,171	0,02	0,00	0,10	19,90	19,78
AF18	0,10	0,17	<b>20</b>	13,2	1,22	0,171	0,13	0,03	0,10	19,90	19,64
AF19	6,90	1,47	<b>63</b>	42	1,06	0,031	0,02	0,00	0,00	20,16	20,14
<b>PISO 1</b>											
AF20	0,90	0,52	<b>40</b>	26,6	0,93	0,044	0,18	0,04	3,50	20,14	16,43
AF21	0,35	0,32	<b>32</b>	21,2	0,90	0,055	0,11	0,02	0,00	16,43	16,30

Troço	Caudal Acum.	Caudal de Cálculo	DN	$D_{int}$	Velocidade	Perda de Carga unitária	Perda de carga contínua	Perdas de carga localizadas	Desnível geométrico	Pressão a montante	Pressão a Jusante
	$Q_{acum}$	$Q_a$	[mm]	[mm]	[m/s]	[m/m]	[m]	[m]	[m]	[m.c.a]	[m.c.a]
AF22	0,25	0,27	25	16,6	1,24	0,131	0,21	0,04	1,50	16,30	14,54
AF23	0,10	0,17	20	13,2	1,22	0,171	0,24	0,05	0,00	16,30	16,01
AF24	0,55	0,40	32	21,2	1,14	0,083	0,17	0,03	-0,70	16,43	16,92
AF25	0,20	0,24	25	16,6	1,11	0,107	0,24	0,05	0,00	16,92	16,64
AF26	0,10	0,17	20	13,2	1,22	0,171	0,04	0,01	0,30	16,64	16,28
AF27	0,10	0,17	20	13,2	1,22	0,171	0,18	0,04	0,30	16,64	16,12
AF28	0,35	0,32	32	21,2	0,90	0,055	0,58	0,12	0,20	16,92	16,02
AF29	0,15	0,21	25	16,6	0,95	0,083	0,17	0,03	2,00	16,02	13,82
AF30	0,20	0,24	25	16,6	1,11	0,107	0,09	0,02	0,00	16,02	15,92
AF31	0,10	0,17	20	13,2	1,22	0,171	0,08	0,02	0,50	15,92	15,33
AF32	0,10	0,17	20	13,2	1,22	0,171	0,35	0,07	0,10	15,92	15,40
<b>PISO -1</b>											
AF33	6,00	1,37	63	42	0,99	0,028	0,08	0,02	-2,90	20,14	22,95
AF34	1,75	0,73	50	33,2	0,84	0,028	0,02	0,00	0,00	22,95	22,92
AF35	0,20	0,24	25	16,6	1,11	0,107	0,07	0,01	0,70	22,92	22,13
AF36	1,55	0,68	40	26,6	1,23	0,072	0,21	0,04	0,00	22,92	22,66
AF37	0,45	0,36	32	21,2	1,03	0,070	0,08	0,02	0,40	22,66	22,17
AF38	1,10	0,57	40	26,6	1,03	0,053	0,65	0,13	0,00	22,66	21,88
AF39	0,45	0,36	32	21,2	1,03	0,070	0,06	0,01	0,40	21,88	21,41
AF40	0,65	0,44	32	21,2	1,24	0,097	0,42	0,08	0,00	21,88	21,38
AF41	0,20	0,24	25	16,6	1,11	0,107	0,37	0,07	0,90	21,38	20,03
AF42	0,45	0,36	32	21,2	1,03	0,070	0,11	0,02	0,40	21,38	20,84
AF43	4,25	1,14	63	42	0,82	0,020	0,01	0,00	0,00	22,95	22,94
AF44	1,50	0,67	40	26,6	1,21	0,070	0,04	0,01	-0,15	22,94	23,04

Troço	Caudal Acum.	Caudal de Cálculo	DN	$D_{int}$	Velocidade	Perda de Carga unitária	Perda de carga contínua	Perdas de carga localizadas	Desnível geométrico	Pressão a montante	Pressão a Jusante
	$Q_{acum}$	$Q_a$	[mm]	[mm]	[m/s]	[m/m]	[m]	[m]	[m]	[m.c.a]	[m.c.a]
AF45	2,75	0,92	50	33,2	1,06	0,042	0,08	0,02	0,00	22,94	22,84
AF46	1,50	0,67	40	26,6	1,21	0,070	0,07	0,01	1,00	22,84	21,76
AF47	1,25	0,61	40	26,6	1,10	0,059	0,02	0,00	0,00	22,84	22,81
AF48	0,45	0,36	32	21,2	1,03	0,070	0,02	0,00	0,40	22,81	22,38
AF49	0,80	0,49	40	26,6	0,88	0,040	0,03	0,01	0,00	22,81	22,77
AF50	0,15	0,21	25	16,6	0,95	0,083	0,16	0,03	1,90	22,77	20,68
AF51	0,65	0,44	32	21,2	1,24	0,097	0,10	0,02	0,00	22,77	22,65
AF52	0,10	0,17	20	13,2	1,22	0,171	0,00	0,00	0,00	22,65	22,65
AF53	0,55	0,40	32	21,2	1,14	0,083	0,06	0,01	0,00	22,65	22,58
AF54	0,10	0,17	20	13,2	1,22	0,171	0,09	0,02	0,60	22,58	21,87
AF55	0,45	0,36	32	21,2	1,03	0,070	0,12	0,02	0,40	22,58	22,03
<b>PISO 0</b>											
AQ1	0,10	0,17	20	13,2	1,22	0,171	1,54	0,31	0,65	16,75	14,25
AQ2	0,10	0,17	20	13,2	1,22	0,171	0,13	0,03	1,15	16,75	15,44
AQ3	0,20	0,24	25	16,6	1,11	0,107	0,48	0,10	-0,35	16,98	16,75
AQ4	0,35	0,32	32	21,2	0,90	0,055	0,03	0,01	0,00	16,98	16,94
AQ5	0,10	0,17	20	13,2	1,22	0,171	0,28	0,06	0,40	16,94	16,20
AQ6	0,25	0,27	25	16,6	1,24	0,131	0,23	0,05	0,00	16,94	16,67
AQ7	0,15	0,21	25	16,6	0,95	0,083	0,17	0,03	1,90	16,67	14,57
AQ8	0,10	0,17	20	13,2	1,22	0,171	0,07	0,01	0,00	16,67	16,58
AQ9	0,55	0,40	32	21,2	1,14	0,083	0,05	0,01	0,00	17,03	16,98
<b>PISO 1</b>											
AQ10	0,70	0,46	40	26,6	0,82	0,035	0,14	0,03	3,40	17,03	13,47
AQ11	0,35	0,32	32	21,2	0,90	0,055	0,14	0,03	0,00	13,47	13,30

Troço	Caudal Acum.	Caudal de Cálculo	DN	$D_{int}$	Velocidade	Perda de Carga unitária	Perda de carga contínua	Perdas de carga localizadas	Desnível geométrico	Pressão a montante	Pressão a Jusante
	$Q_{acum}$	$Q_a$	[mm]	[mm]	[m/s]	[m/m]	[m]	[m]	[m]	[m.c.a]	[m.c.a]
AQ12	0,25	0,27	25	16,6	1,24	0,131	0,20	0,04	1,40	13,30	11,66
AQ13	0,10	0,17	20	13,2	1,22	0,171	0,20	0,04	-0,10	13,30	13,16
AQ14	0,35	0,32	32	21,2	0,90	0,055	0,12	0,02	-0,65	13,47	13,98
AQ15	0,10	0,17	20	13,2	1,22	0,171	0,55	0,11	0,25	13,98	13,07
AQ16	0,25	0,27	25	16,6	1,24	0,131	1,36	0,27	0,25	13,98	12,09
AQ17	0,15	0,21	25	16,6	0,95	0,083	0,16	0,03	1,90	12,09	10,00
AQ18	0,10	0,17	20	13,2	1,22	0,171	0,18	0,04	0,40	12,09	11,47
<b>PISO -1</b>											
AQ19	1,25	0,61	40	26,6	1,10	0,059	0,30	0,06	2,90	20,30	17,03
AQ20	0,25	0,27	25	16,6	1,24	0,131	0,21	0,04	0,00	20,30	20,04
AQ21	0,15	0,21	25	16,6	0,95	0,083	0,16	0,03	1,80	20,04	18,05
AQ22	0,10	0,17	20	13,2	1,22	0,171	0,34	0,07	0,50	20,04	19,13
AQ23	1,50	0,67	40	26,6	1,212	0,070	0,05	2,01	-0,60	21,76	20,30

**Tabela D.2. Dimensionamento da rede predial de distribuição de água de acordo com a EN 806-3:2006**

Troço	Valor de carga Acum.	Caudal de Cálculo $Q_a$	Valor de carga mais alto	DN	$D_{int}$	Velocidade	Perda de Carga unitária	Perda de carga contínua	Perdas de carga localizadas	Desnível geométrico	Pressão a montante	Pressão a Jusante
	[LU]	[L/s]	[L/s]	[mm]	[mm]	[m/s]	[m/m]	[m]	[m]	[m]	[m.c.a]	[m.c.a]
<b>PISO 0</b>												
AF1	92	1,20	5,0	50	33,20	1,39	0,067	0,55	5,11	0,00	32,28	26,62
AF2	5	0,50	5,0	32	21,20	1,42	0,122	0,18	0,04	0,95	26,62	25,46
AF3	87	1,20	5,0	50	33,20	1,39	0,067	0,27	0,05	0,00	26,62	26,30
AF4	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	0,39	0,08	0,75	26,30	25,08
AF5	86	1,20	5,0	50	33,20	1,39	0,067	0,05	0,01	0,25	26,30	25,99
AF6	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	0,02	0,00	0,10	25,99	25,87
AF7	85	1,15	5,0	50	33,20	1,33	0,062	0,29	0,06	0,00	25,99	25,64
AF8	2	0,20	2,0	16	10,60	2,27	0,660	0,62	0,12	1,00	25,64	23,89
AF9	83	1,15	5,0	50	33,20	1,33	0,062	0,07	0,01	0,00	25,64	25,56
AF10	2	0,20	2,0	16	10,60	2,27	0,660	0,62	0,12	1,00	25,56	23,81
AF11	81	1,15	5,0	50	33,20	1,33	0,062	0,31	0,06	0,00	25,56	25,19
AF12	5	0,29	2,0	25	16,60	1,34	0,150	0,06	0,01	0,00	25,19	25,12
AF13	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	0,09	0,02	0,50	25,12	24,52
AF14	4	0,27	2,0	20	13,20	1,97	0,393	0,55	0,11	0,00	25,12	24,46
AF15	2	0,20	2,0	16	10,60	2,27	0,660	1,38	0,28	2,00	24,46	20,80
AF16	2	0,20	1,0	20	13,20	1,46	0,233	0,25	0,05	0,00	24,46	24,16
AF17	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	0,02	0,00	0,10	24,16	24,03
AF18	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	0,15	0,03	0,10	24,16	23,88
AF19	76	1,10	5,0	50	33,20	1,27	0,058	0,03	0,01	0,00	25,19	25,15
<b>PISO 1</b>												
AF20	11	0,55	4,0	32	21,20	1,56	0,144	0,57	0,11	3,50	25,15	20,96
AF21	5	0,44	4,0	32	21,20	1,25	0,097	0,19	0,04	0,00	20,96	20,73

Troço	Valor de carga Acum. [LU]	Caudal de Cálculo $Q_a$ [L/s]	Valor de carga mais alto [L/s]	DN [mm]	$D_{int}$ [mm]	Velocidade [m/s]	Perda de Carga unitária [m/m]	Perda de carga contínua [m]	Perdas de carga localizadas [m]	Desnível geométrico [m]	Pressão a montante [m.c.a]	Pressão a Jusante [m.c.a]
AF22	4	0,40	4,0	20	13,20	2,92	0,783	1,26	0,25	1,50	20,73	17,72
AF23	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	0,27	0,05	0,00	20,73	20,40
AF24	6	0,32	2,0	25	16,60	1,48	0,178	0,37	0,07	-0,70	20,96	21,22
AF25	2	0,20	1,0	20	13,20	1,46	0,233	0,52	0,10	0,00	21,22	20,60
AF26	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	0,05	0,01	0,30	20,60	20,24
AF27	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	0,21	0,04	0,30	20,60	20,05
AF28	4	0,27	2,0	20	13,20	1,97	0,393	4,13	0,83	0,20	21,22	16,06
AF29	2	0,20	2,0	16	10,60	2,27	0,660	1,32	0,26	2,00	16,06	12,48
AF30	2	0,20	1,0	20	13,20	1,46	0,233	0,19	0,04	0,00	16,06	15,84
AF31	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	0,09	0,02	0,50	15,84	15,23
AF32	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	0,40	0,08	0,10	15,84	15,25
<b>PISO -1</b>								0,00	0,00			
AF33	65	1,10	5,0	40	26,60	1,98	0,165	0,47	0,09	-2,90	25,15	27,49
AF34	19	0,75	5,0	40	26,60	1,35	0,084	0,07	0,01	0,00	27,49	27,41
AF35	2	0,20	2,0	16	10,60	2,27	0,660	0,43	0,09	0,70	27,41	26,19
AF36	17	0,70	5,0	32	21,20	1,98	0,220	0,65	0,13	0,00	27,41	26,63
AF37	5	0,50	5,0	25	16,60	2,31	0,389	0,44	0,09	0,40	26,63	25,70
AF38	12	0,65	5,0	32	21,20	1,84	0,193	2,37	0,47	0,00	26,63	23,79
AF39	5	0,50	5,0	25	16,60	2,31	0,389	0,33	0,07	0,40	23,79	22,99
AF40	7	0,55	5,0	32	21,20	1,56	0,144	0,63	0,13	0,00	23,79	23,03
AF41	2	0,20	2,0	16	10,60	2,27	0,660	2,29	0,46	0,90	23,03	19,38
AF42	5	0,50	5,0	25	16,60	2,31	0,389	0,64	0,13	0,40	23,03	21,86
AF43	46	0,95	5,0	40	26,60	1,71	0,128	0,04	0,01	0,00	27,49	27,44
AF44	18	0,65	4,0	32	21,20	1,84	0,193	0,11	0,02	-0,15	27,44	27,45

Troço	Valor de carga Acum. [LU]	Caudal de Cálculo $Q_a$ [L/s]	Valor de carga mais alto [L/s]	DN [mm]	$D_{int}$ [mm]	Velocidade [m/s]	Perda de Carga unitária [m/m]	Perda de carga contínua [m]	Perdas de carga localizadas [m]	Desnível geométrico [m]	Pressão a montante [m.c.a]	Pressão a Jusante [m.c.a]
AF45	28	0,83	5,0	40	26,60	1,49	0,101	0,20	0,04	0,00	27,44	27,20
AF46	18	0,65	4,0	32	21,20	1,84	0,193	0,18	0,04	1,00	27,20	25,98
AF47	10	0,60	5,0	32	21,20	1,70	0,168	0,06	0,01	0,00	27,20	27,12
AF48	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	0,07	0,01	0,40	27,12	26,64
AF49	9	0,60	5,0	32	21,20	1,70	0,168	0,14	0,03	0,00	27,12	26,95
AF50	2	0,20	2,0	16	10,60	2,27	0,660	1,26	0,25	1,90	26,95	23,54
AF51	7	0,55	5,0	32	21,20	1,56	0,144	0,14	0,03	0,00	26,95	26,78
AF52	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	0,00	0,00	0,00	26,78	26,78
AF53	6	0,52	5,0	32	21,20	1,47	0,131	0,10	0,02	0,00	26,78	26,67
AF54	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	0,11	0,02	0,60	26,67	25,94
AF55	5	0,50	5,0	25	16,60	2,31	0,389	0,68	0,14	0,40	26,67	25,45
<b>PISO 0</b>												
AQ1	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	1,77	0,35	-1,70	21,02	18,24
AQ2	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	0,15	0,03	-1,20	21,02	19,69
AQ3	2	0,20	1,0	20	13,20	1,46	0,233	1,04	0,21	0,00	21,93	21,02
AQ4	4	0,27	2,0	20	13,20	1,97	0,393	0,21	0,04	0,00	21,93	21,67
AQ5	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	0,33	0,07	-1,70	21,67	20,88
AQ6	3	0,24	2,0	20	13,20	1,75	0,320	0,56	0,11	-1,30	21,67	21,00
AQ7	2	0,20	2,0	16	10,60	2,27	0,660	1,33	0,27	1,10	21,00	17,51
AQ8	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	0,08	0,02	-0,80	21,00	20,90
AQ9	6	0,32	2,0	25	16,60	1,48	0,178	0,10	0,02	0,00	22,05	21,93
<b>PISO 1</b>												
AQ10	9	0,52	4,0	32	21,20	1,47	0,131	0,51	0,10	3,00	22,05	18,04
AQ11	5	0,44	4,0	32	21,20	1,25	0,097	0,25	0,05	-1,30	18,04	17,75

Troço	Valor de carga Acum. [LU]	Caudal de Cálculo $Q_a$ [L/s]	Valor de carga mais alto [L/s]	DN [mm]	$D_{int}$ [mm]	Velocidade [m/s]	Perda de Carga unitária [m/m]	Perda de carga contínua [m]	Perdas de carga localizadas [m]	Desnível geométrico [m]	Pressão a montante [m.c.a]	Pressão a Jusante [m.c.a]
AQ12	4	0,40	4,0	20	13,20	2,92	0,783	1,18	0,24	1,40	17,75	14,93
AQ13	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	0,24	0,05	-0,10	17,75	17,56
AQ14	4	0,27	2,0	20	13,20	1,97	0,393	0,83	0,17	-0,65	18,04	17,70
AQ15	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	0,63	0,13	0,25	17,70	16,69
AQ16	3	0,24	2,0	20	13,20	1,75	0,320	3,33	0,67	0,25	17,70	13,45
AQ17	2	0,20	2,0	16	10,60	2,27	0,660	1,29	0,26	1,90	13,45	<b>10,00</b>
AQ18	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	0,21	0,04	0,40	13,45	12,80
<b>PISO -1</b>								0,00	0,00			
AQ19	15	0,60	4,0	32	21,20	1,70	0,168	0,86	0,17	2,90	25,98	22,05
AQ20	3	0,24	2,0	20	13,20	1,75	0,320	0,52	0,10	0,00	25,98	25,35
AQ21	2	0,20	2,0	16	10,60	2,27	0,660	1,25	0,25	1,80	25,35	22,05
AQ22	1	0,10	1,0	16	10,60	1,13	0,196	0,39	0,08	0,50	25,35	24,38
AQ23	18	0,65	4,0	32	21,20	1,841	0,193	0,14	2,03	-0,60	27,54	25,98

**Tabela D.3. Dimensionamento da rede predial de distribuição de água de acordo com a NBR 5626:2020**

Troço	Peso acum.	Caudal de Cálculo $Q_a$ [L/s]	DN [mm]	$D_{int}$ [mm]	Velocidade [m/s]	Fator de atrito -	Perda de carga unitária [m/m]	Perda de carga contínua [m]	Perdas de carga localizadas [m]	% perdas local. [%]	Desnível geom. [m]	Pressão a montante [m.c.a]	Pressão a jusante [m.c.a]
<b>PISO 0</b>													
AF1	19,2	1,31	<b>50</b>	33,2	1,52	0,020	0,07	0,61	0,46	43%	0,00	24,86	21,29
AF2	0,4	0,19	<b>20</b>	13,2	1,39	0,025	0,19	0,27	0,77	74%	0,95	21,29	19,30
AF3	18,8	1,30	<b>50</b>	33,2	1,50	0,020	0,07	0,29	0,17	37%	0,00	21,29	20,82
AF4	0,3	0,16	<b>20</b>	13,2	1,20	0,026	0,14	0,29	0,59	67%	0,75	20,82	19,19
AF5	18,5	1,29	<b>50</b>	33,2	1,49	0,020	0,07	0,05	0,17	76%	0,25	20,82	20,35
AF6	0,3	0,16	<b>20</b>	13,2	1,20	0,026	0,14	0,01	0,52	97%	0,10	20,35	19,72
AF7	18,2	1,28	<b>50</b>	33,2	1,48	0,020	0,07	0,34	0,35	51%	0,00	20,35	19,67
AF8	1	0,30	<b>25</b>	16,6	1,39	0,024	0,14	0,13	0,51	79%	1,00	19,67	18,02
AF9	17,2	1,24	<b>50</b>	33,2	1,44	0,020	0,07	0,08	0,16	67%	0,00	19,67	19,43
AF10	0,7	0,25	<b>25</b>	16,6	1,16	0,025	0,10	0,10	0,37	79%	1,00	19,43	17,97
AF11	16,5	1,22	<b>50</b>	33,2	1,41	0,020	0,07	0,32	0,32	50%	0,00	19,43	18,79
AF12	1,1	0,31	<b>25</b>	16,6	1,45	0,024	0,15	0,06	0,37	86%	0,00	18,79	18,36
AF13	0,3	0,16	<b>20</b>	13,2	1,20	0,026	0,14	0,02	0,52	89%	0,50	18,36	17,27
AF14	0,8	0,27	<b>20</b>	13,2	1,96	0,024	0,35	0,49	0,70	59%	0,00	18,36	17,17
AF15	0,4	0,19	<b>20</b>	13,2	1,39	0,025	0,19	0,39	0,81	67%	2,00	17,17	13,97
AF16	0,4	0,19	<b>20</b>	13,2	1,39	0,025	0,19	0,20	0,15	43%	0,00	17,17	16,81
AF17	0,1	0,09	<b>20</b>	13,2	0,69	0,029	0,05	0,01	0,20	97%	0,10	16,81	16,51
AF18	0,3	0,16	<b>20</b>	13,2	1,20	0,026	0,14	0,11	0,46	81%	0,10	16,81	16,14
AF19	15,4	1,18	<b>50</b>	33,2	1,36	0,020	0,06	0,03	0,47	93%	0,00	18,79	18,28
<b>PISO 1</b>													
AF20	2,7	0,49	<b>32</b>	21,2	1,40	0,022	0,11	0,42	0,55	57%	3,50	16,14	11,67

Troço	Peso acum.	Caudal de Cálculo	DN	$D_{int}$	Velocidade	Fator de atrito	Perda de carga unitária	Perda de carga contínua	Perdas de carga localizadas	%	Desnível geom.	Pressão a montante	Pressão a jusante
		$Q_a$								perdas local.			
		[L/s]	[mm]	[mm]	[m/s]	-	[m/m]	[m]	[m]	[%]	[m]	[m.c.a]	[m.c.a]
AF22	1	0,30	<b>25</b>	16,6	1,39	0,024	0,14	0,23	0,61	40%	1,50	11,09	8,75
AF23	0,3	0,16	<b>20</b>	13,2	1,20	0,026	0,14	0,20	0,29	73%	0,00	11,09	10,59
AF24	1,4	0,35	<b>25</b>	16,6	1,64	0,023	0,19	0,40	0,71	59%	-0,70	11,67	11,27
AF25	0,4	0,19	<b>20</b>	13,2	1,39	0,025	0,19	0,42	0,24	64%	0,00	11,27	10,61
AF26	0,3	0,16	<b>20</b>	13,2	1,20	0,026	0,14	0,04	0,52	37%	0,30	10,61	9,75
AF27	0,1	0,09	<b>20</b>	13,2	0,69	0,029	0,05	0,06	0,14	94%	0,30	10,61	10,11
AF28	1	0,30	<b>25</b>	16,6	1,39	0,024	0,14	1,48	0,47	70%	0,20	11,27	9,12
AF29	0,4	0,19	<b>20</b>	13,2	1,39	0,025	0,19	0,37	0,99	24%	2,00	9,12	5,75
AF30	0,6	0,23	<b>20</b>	13,2	1,70	0,024	0,27	0,22	0,22	73%	0,00	9,12	8,68
AF31	0,3	0,16	<b>20</b>	13,2	1,20	0,026	0,14	0,07	0,52	49%	0,50	8,68	7,60
AF32	0,3	0,16	<b>20</b>	13,2	1,20	0,026	0,14	0,30	0,43	89%	0,10	8,68	7,85
<b>PISO -1</b>													
AF33	12,7	1,07	<b>50</b>	33,2	1,23	0,021	0,05	0,15	0,40	73%	-2,90	16,38	18,73
AF34	2,9	0,51	<b>32</b>	21,2	1,45	0,022	0,11	0,09	0,35	79%	0,00	18,73	18,28
AF35	1	0,30	<b>25</b>	16,6	1,39	0,024	0,14	0,09	0,51	85%	0,70	18,28	16,98
AF36	1,9	0,41	<b>25</b>	16,6	1,91	0,022	0,25	0,74	0,38	34%	0,00	18,28	17,16
AF37	0,4	0,19	<b>20</b>	13,2	1,39	0,025	0,19	0,21	0,47	69%	0,40	17,16	16,08
AF38	1,5	0,37	<b>25</b>	16,6	1,70	0,023	0,20	2,50	0,88	26%	0,00	17,16	13,78
AF39	0,4	0,19	<b>20</b>	13,2	1,39	0,025	0,19	0,16	0,77	83%	0,40	13,78	12,46
AF40	1,1	0,31	<b>25</b>	16,6	1,45	0,024	0,15	0,67	0,12	15%	0,00	13,78	12,99
AF41	0,7	0,25	<b>25</b>	16,6	1,16	0,025	0,10	0,35	0,42	54%	0,90	12,99	11,32
AF42	0,4	0,19	<b>20</b>	13,2	1,39	0,025	0,19	0,31	0,77	71%	0,40	12,99	11,51
AF43	9,8	0,94	<b>50</b>	33,2	1,08	0,021	0,04	0,01	0,32	96%	0,00	18,73	18,39

Troço	Peso acum.	Caudal de Cálculo $Q_a$	DN	$D_{int}$	Velocidade	Fator de atrito	Perda de carga unitária	Perda de carga contínua	Perdas de carga localizadas	% perdas local.	Desnível geom.	Pressão a montante	Pressão a jusante
		[L/s]	[mm]	[mm]	[m/s]	-	[m/m]	[m]	[m]	[%]	[m]	[m.c.a]	[m.c.a]
AF45	5,8	0,72	<b>50</b>	33,2	0,83	0,022	0,03	0,05	0,06	53%	0,00	18,39	18,27
AF46	4	0,60	<b>32</b>	21,2	1,70	0,021	0,17	0,16	0,79	83%	1,00	18,27	16,32
AF47	1,8	0,40	<b>25</b>	16,6	1,86	0,023	0,24	0,09	0,22	70%	0,00	18,27	17,97
AF48	0,4	0,19	<b>20</b>	13,2	1,39	0,025	0,19	0,07	0,67	91%	0,40	17,97	16,83
AF49	1,4	0,35	<b>25</b>	16,6	1,64	0,023	0,19	0,16	0,34	69%	0,00	17,97	17,46
AF50	0,4	0,19	<b>20</b>	13,2	1,39	0,025	0,19	0,36	1,26	78%	1,90	17,46	13,95
AF51	1	0,30	<b>25</b>	16,6	1,39	0,024	0,14	0,14	0,44	76%	0,00	17,46	16,89
AF52	0,3	0,16	<b>20</b>	13,2	1,20	0,026	0,14	0,00	0,35	100%	0,00	16,89	16,54
AF53	0,7	0,25	<b>20</b>	13,2	1,83	0,024	0,31	0,23	0,25	52%	0,00	16,89	16,41
AF54	0,3	0,16	<b>20</b>	13,2	1,20	0,026	0,14	0,08	0,52	87%	0,60	16,41	15,21
AF55	0,4	0,19	<b>20</b>	13,2	1,39	0,025	0,19	0,33	0,47	59%	0,40	16,41	15,21
<b>PISO 0</b>													
AQ1	0,3	0,16	<b>20</b>	13,2	1,20	0,026	0,14	1,31	0,58	31%	0,65	6,44	3,90
AQ2	0,3	0,16	<b>20</b>	13,2	1,20	0,024	0,31	0,24	1,12	83%	1,15	6,44	3,94
AQ3	0,6	0,23	<b>20</b>	13,2	1,70	0,023	0,43	1,93	1,46	43%	-0,35	9,48	6,44
AQ4	0,8	0,27	<b>20</b>	13,2	1,96	0,024	0,35	0,19	0,28	60%	0,00	9,48	9,01
AQ5	0,3	0,16	<b>20</b>	13,2	1,20	0,026	0,14	0,24	0,52	68%	0,40	9,01	7,85
AQ6	0,5	0,21	<b>20</b>	13,2	1,55	0,025	0,23	0,40	0,30	43%	0,00	9,01	8,32
AQ7	0,4	0,19	<b>25</b>	16,6	0,88	0,026	0,06	0,12	0,46	79%	1,90	8,32	5,83
AQ8	0,1	0,09	<b>20</b>	13,2	0,69	0,029	0,05	0,02	0,11	83%	0,00	8,32	8,19
AQ9	1,4	0,35	<b>25</b>	16,6	1,64	0,023	0,24	0,14	0,74	84%	0,00	10,37	9,48
<b>PISO 1</b>													
AQ10	1,9	0,41	<b>32</b>	21,2	1,17	0,023	0,08	0,33	0,18	36%	3,40	10,37	6,46
AQ11	1,1	0,31	<b>25</b>	16,6	1,45	0,023	0,18	0,45	0,27	37%	0,00	6,46	5,74

Troço	Peso acum.	Caudal de Cálculo $Q_a$ [L/s]	DN [mm]	$D_{int}$ [mm]	Velocidade [m/s]	Fator de atrito -	Perda de carga unitária [m/m]	Perda de carga contínua [m]	Perdas de carga localizadas [m]	% perdas local. [%]	Desnível geom. [m]	Pressão a montante [m.c.a]	Pressão a jusante [m.c.a]
AQ12	1	0,30	<b>25</b>	16,6	1,39	0,024	0,14	0,21	1,34	86%	1,40	5,74	2,78
AQ13	0,1	0,09	<b>20</b>	13,2	0,69	0,026	0,14	0,17	0,69	80%	-0,10	5,74	4,97
AQ14	0,8	0,27	<b>25</b>	16,6	1,24	0,024	0,12	0,24	0,43	64%	-0,65	6,46	6,44
AQ15	0,1	0,09	<b>20</b>	13,2	0,69	0,029	0,05	0,17	0,16	48%	0,25	6,44	5,85
AQ16	0,7	0,25	<b>25</b>	16,6	1,16	0,025	0,10	1,06	0,47	31%	0,25	6,44	4,65
AQ17	0,4	0,19	<b>20</b>	13,2	1,39	0,025	0,19	0,37	1,39	79%	1,90	4,65	1,00
AQ18	0,3	0,16	<b>20</b>	13,2	1,20	0,026	0,14	0,16	0,36	70%	0,40	4,65	3,74
<b>PISO -1</b>													
AQ19	3,3	0,54	<b>32</b>	21,2	1,54	0,022	0,15	0,75	0,78	51%	2,90	14,80	10,37
AQ20	0,7	0,25	<b>20</b>	13,2	1,83	0,024	0,31	0,51	0,96	66%	0,00	14,80	13,33
AQ21	0,4	0,19	<b>20</b>	13,2	1,39	0,025	0,19	0,36	1,39	80%	1,80	13,33	9,79
AQ22	0,3	0,16	<b>20</b>	13,2	1,20	0,026	0,14	0,29	0,36	56%	0,50	13,33	12,18
AQ23	4	0,60	<b>32</b>	21,2	1,70	0,021	0,17	0,12	2,00	-	-0,60	16,32	14,80

# **Anexo E – Dimensionamento detalhado das bombas de recalque de águas residuais e pluviais**

**Tabela E.1. Determinação do caudal a ser bombeado - RGSPDADAR**

<b>Aparelhos</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Caudal de descarga</b>	<b>Caudal acumulado</b>	<b>Caudal de cálculo</b>
<b>Tipo</b>		<b>[L/min]</b>	<b>[L/min]</b>	<b>[L/min]</b>
Bacia de retrete com autoclismo	1	90,00		
Lavatório	1	30,00	240,00	138,09
Chuveiro	1	30,00		
Lava-loiça	1	30,00		
Máquina de lavar roupa	1	60,00		

**Tabela E.2. Dimensionamento da bomba de águas residuais - RGSPDADAR**

Caudal bombado	[m <sup>3</sup> /h]	9,942
Diâmetro mínimo da tubagem de compressão	[mm]	48,418
Diâmetro interno da tubagem de compressão adotada	[mm]	103,600
Diâmetro nominal da tubagem de compressão adotada	[mm]	<b>110</b>
Velocidade de circulação	[m/s]	0,328
Comprimento da tubagem de compressão	[m]	18,800
Comprimento equivalente das singularidades da tubagem de compressão	[m]	3,760
Perda de carga de percurso na tubagem de compressão	[m/m]	0,001
Perda de carga na tubagem de compressão	[m]	0,029
Desnível geométrico entre a secção de saída da bomba e a secção de saída da tubagem de compressão	[m]	3,000
Altura manométrica de elevação	[m.c.a]	3,029

**Tabela E.3. Pré-dimensionamento da potência das bombas de águas residuais - RGSPDADAR**

<b>Caudal bombado (Q<sub>máx</sub>)</b>	<b>Altura manométrica (H<sub>máx</sub>)</b>	<b>Rendimento da bomba</b>	<b>Potência da bomba</b>
<b>[m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>[m.c.a]</b>	<b>[%]</b>	<b>[kW]</b>
0,0028	4,03	70	0,156

**Tabela E.4. Determinação do caudal a ser bombeado - EN 12056-2**

<b>Aparelhos</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Caudal de descarga</b>	<b>Caudal acumulado</b>	<b>Caudal de cálculo</b>
<b>Tipo</b>		<b>[L/min]</b>	<b>[L/min]</b>	<b>[L/min]</b>
Bacia de retrete com autoclismo	1	42,43		
Lavatório	1	21,21		
Chuveiro	1	26,83	144,14	105,11
Lava-loiça	1	26,83		
Máquina de lavar roupa	1	26,83		

**Tabela E.5. Dimensionamento da bomba de águas residuais - EN 12056-2**

Caudal bombado	[m <sup>3</sup> /h]	7,568
Diâmetro mínimo da tubagem de compressão	[mm]	42,242
Diâmetro interno da tubagem de compressão adotada	[mm]	103,600
Diâmetro nominal da tubagem de compressão adotada	[mm]	<b>110</b>
Velocidade de circulação	[m/s]	0,249
Comprimento da tubagem de compressão	[m]	18,800
Comprimento equivalente das singularidades da tubagem de compressão	[m]	3,760
Perda de carga de percurso na tubagem de compressão	[m/m]	0,0080
Perda de carga na tubagem de compressão	[m]	0,018
Desnível geométrico entre a secção de saída da bomba e a secção de saída da tubagem de compressão	[m]	3,000
Altura manométrica de elevação	[m.c.a]	3,018

**Tabela E.6. Pré-dimensionamento da potência das bombas de águas residuais - EN 12056-2**

Caudal bombado (Q <sub>máx</sub> ) [m <sup>3</sup> /s]	Altura manométrica (H <sub>máx</sub> ) [m.c.a]	Rendimento da bomba [%]	Potência da bomba [kW]
0,0021	4,87	70	0,143

**Tabela E.7. Determinação do caudal a ser bombeado - NBR 8160**

Aparelhos Tipo	Quantidade	Caudal de descarga [L/min]	Caudal acumulado [L/min]
Bacia de retrete com autoclismo	1	57,6	111,6
Lavatório	1	9	
Chuveiro	1	12	
Lava-loiça	1	15	
Máquina de lavar roupa	1	18	

**Tabela E.8. Dimensionamento bomba de águas residuais - NBR 8160**

Caudal bombado	[m³/h]	8,035
Diâmetro mínimo da tubagem de compressão	[mm]	43,526
Diâmetro interno da tubagem de compressão adotada	[mm]	103,60
Diâmetro nominal da tubagem de compressão adotada	[mm]	<b>110</b>
Velocidade de circulação	[m/s]	0,265
Comprimento da tubagem de compressão	[m]	18,800
Comprimento equivalente das singularidades da tubagem de compressão	[m]	3,760
Perda de carga de percurso na tubagem de compressão	[m/m]	0,00083
Perda de carga na tubagem de compressão	[m.c.a]	0,019
Desnível geométrico entre a secção de saída da bomba e a secção de saída da tubagem de compressão	[m]	3,000
Altura manométrica de elevação	[m.c.a]	3,019

**Tabela E.9. Pré-dimensionamento da potência das bombas de águas residuais - NBR 8160**

Caudal bombado (Q <sub>máx</sub> ) [m³/s]	Altura manométrica (H <sub>máx</sub> ) [m.c.a]	Rendimento da bomba [%]	Potência da bomba [kW]
0,0022	3,757871931	70	0,117

**Tabela E.10. Dimensionamento bomba de águas pluviais – RGSPDADAR e EN 12056-3**

Caudal bombado	[m³/h]	<b>31,987</b>
Diâmetro mínimo da tubagem de compressão	[mm]	43,526
Diâmetro interno da tubagem de compressão adotada	[mm]	103,60
Diâmetro nominal da tubagem de compressão adotada	[mm]	<b>110</b>
Velocidade de circulação	[m/s]	1,05
Comprimento da tubagem de compressão	[m]	18,800
Comprimento equivalente das singularidades da tubagem de compressão	[m]	3,760
Perda de carga de percurso na tubagem de compressão	[m/m]	0,00083
Perda de carga na tubagem de compressão	[m.c.a]	0,019
Desnível geométrico entre a secção de saída da bomba e a secção de saída da tubagem de compressão	[m]	3,00
Altura manométrica de elevação	[m.c.a]	<b>3,23</b>

**Tabela E.11. Pré-dimensionamento da potência das bombas de águas pluviais – RGSPPDADAR e EN 12056-3**

<b>Caudal bombado (Q<sub>máx</sub>)</b> [m <sup>3</sup> /s]	<b>Altura manométrica (H<sub>máx</sub>)</b> [m.c.a]	<b>Rendimento da bomba</b> [%]	<b>Potência da bomba</b> [kW]
0,00889	3,871	70	0,481

**Tabela E.12. Dimensionamento bomba de águas pluviais - NBR 8160**

Caudal bombado	[m <sup>3</sup> /h]	<b>35,027</b>
Diâmetro mínimo da tubagem de compressão	[mm]	43,526
Diâmetro interno da tubagem de compressão adotada	[mm]	103,60
Diâmetro nominal da tubagem de compressão adotada	[mm]	<b>110</b>
Velocidade de circulação	[m/s]	1,15
Comprimento da tubagem de compressão	[m]	18,800
Comprimento equivalente das singularidades da tubagem de compressão	[m]	3,760*
Perda de carga de percurso na tubagem de compressão	[m/m]	0,00083
Perda de carga na tubagem de compressão	[m.c.a]	0,019
Desnível geométrico entre a secção de saída da bomba e a secção de saída da tubagem de compressão	[m]	3,00
Altura manométrica de elevação	[m.c.a]	<b>3,26</b>

**Tabela E.13. Pré-dimensionamento da potência das bombas de águas pluviais - NBR 8160**

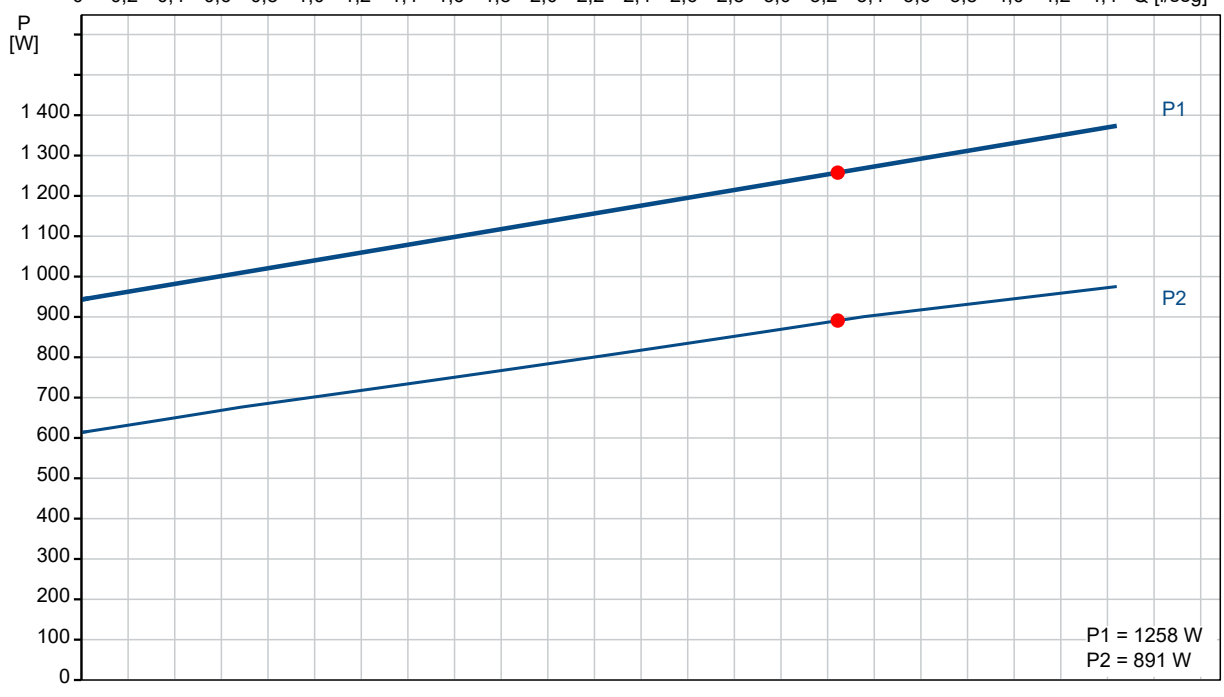
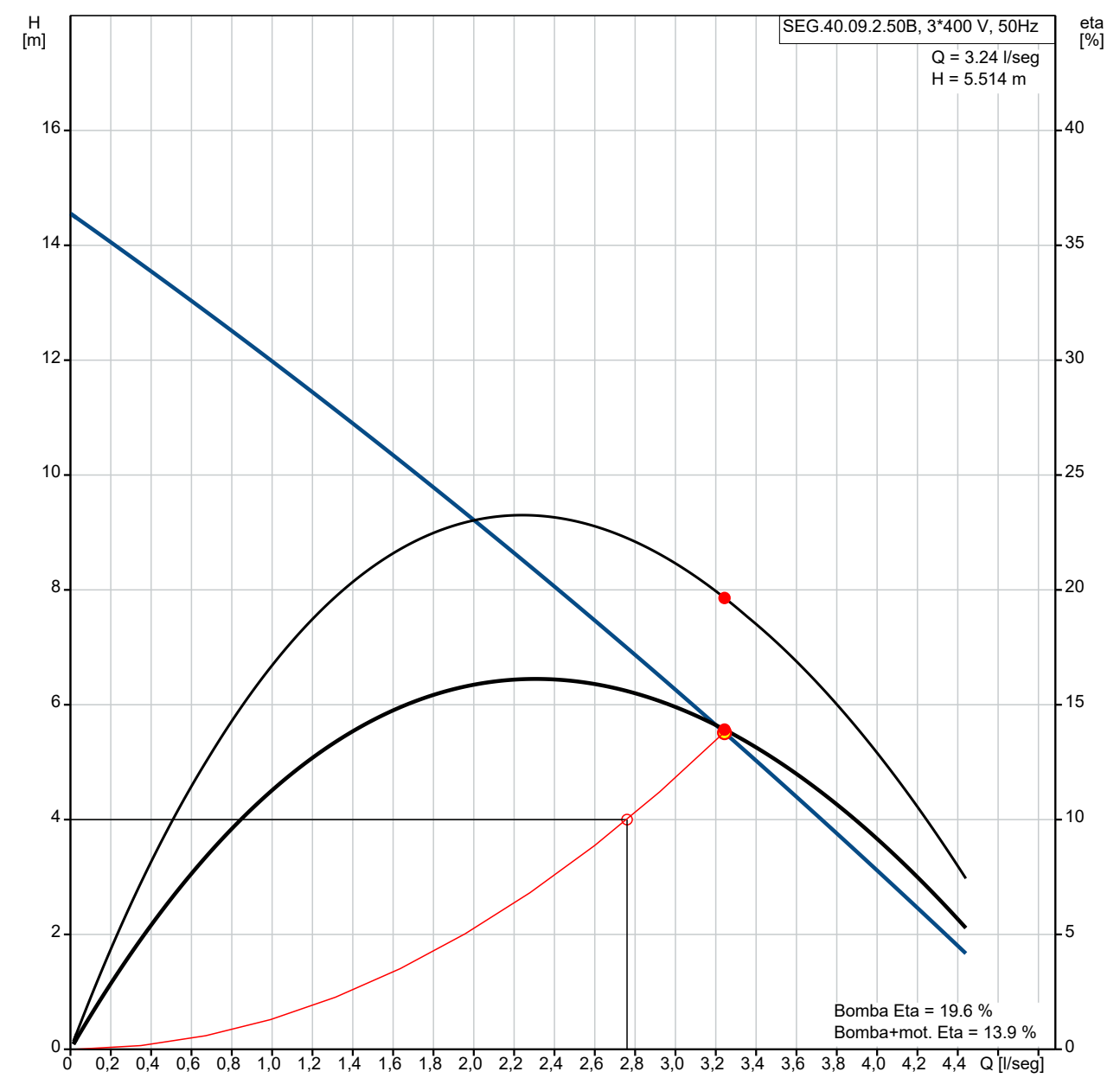
<b>Caudal bombado (Q<sub>máx</sub>)</b> [m <sup>3</sup> /s]	<b>Altura manométrica (H<sub>máx</sub>)</b> [m.c.a]	<b>Rendimento da bomba</b> [%]	<b>Potência da bomba</b> [kW]
0,00973	3,916	70	0,533

# **Anexo F – Catálogos do fabricante das bombas (Grundfos)**

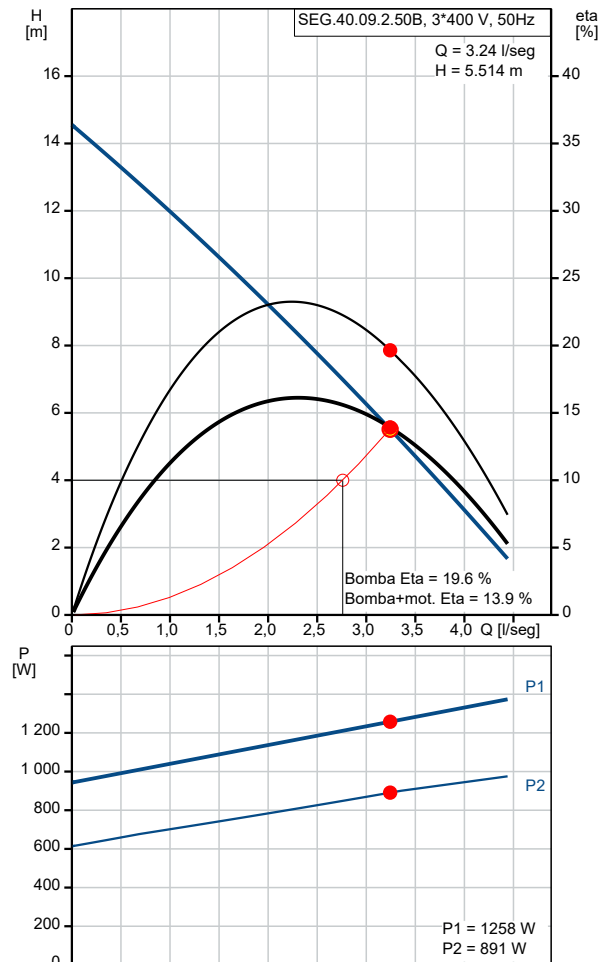
Quantid.	Descrição
1	<p data-bbox="244 163 446 190"><b>SEG.40.09.2.50B</b></p>  <p data-bbox="638 795 1101 822">Nota! Imagem do produto pode diferir do prod. real</p> <p data-bbox="244 828 462 855">Código: <a href="#">96075897</a></p> <p data-bbox="244 884 1276 940">Bomba centrífuga monocelular não auto-ferrante com orifício de descarga horizontal, concebida especificamente para elevar e bombear águas residuais com descargas de sanitas.</p> <p data-bbox="244 945 1420 1001">A bomba está equipada com um sistema de trituração que mói os sólidos em pequenos pedaços, de modo a poderem ser conduzidos por tubos com um diâmetro relativamente pequeno.</p> <p data-bbox="244 1005 1420 1079">A superfície da bomba é polida, para evitar a adesão de sujidade e impurezas à bomba. Uma braçadeira em aço inoxidável resistente à corrosão fixa o motor ao corpo da bomba, facilitando também a manutenção da bomba.</p> <p data-bbox="244 1084 1460 1140">Para manter a eficiência máxima durante a vida útil da bomba, um sistema SmartTrim permite ajustar facilmente a folga do impulsor.</p> <p data-bbox="244 1176 367 1202">Controlos:</p> <p data-bbox="244 1207 917 1263">Sensor de humidade: sem sensores de humidade  AUTOADAPT: NO</p> <p data-bbox="244 1294 343 1321">Líquido:</p> <p data-bbox="244 1326 957 1413">Líquido bombeado: Todos os líquidos Newtonianos  Gama de temperatura do líquido: 0 .. 40 °C  Densidade: 998.2 kg/m³</p> <p data-bbox="244 1444 359 1471">Técnicos:</p> <p data-bbox="244 1476 821 1653">Caudal efectivo calculado: 3.24 l/seg  Altura manométrica resultante da bomba: 5.514 m  Tipo de impulsor: SIST. TRITUR.  Empanque principal: SIC/SIC  Homologações na chapa de características: PA-I  Tolerância da curva: ISO9906:2012 3B2</p> <p data-bbox="244 1684 359 1711">Materiais:</p> <p data-bbox="244 1715 845 1827">Corpo da bomba: Ferro fundido  EN1561 EN-GJL-200  Impulsor: Ferro fundido  EN1561 EN-GJL-200</p> <p data-bbox="244 1859 375 1886">Instalação:</p> <p data-bbox="244 1890 734 2096">Temperatura ambiente máxima: 40 °C  Pressão máx. de funcionamento: 6 bar  Flange padrão: DIN  Ligação à tubagem: DN 40/50  Descarga da bomba: DN 40  Estágio da pressão: PN 10  Profundidade máxima da instalação: 10 m</p>

Quantid.	Descrição
	Acoplamento automático: 96076063
	Car. eléctricas:
	Potência absorvida - P1: 1.3 kW
	Potência nominal - P2: 0.9 kW
	Frequência da rede: 50 Hz
	Tensão nominal: 3 x 400-415 V
	Tolerância tensão: +6/-10 %
	N.º máximo de arranques por hora: 30
	Corrente nominal: 3 A
	Corrente de arranque: 21 A
	Corrente nominal sem carga: 2.1 A
	Cos phi - factor de potência: 0.72
	Cos phi - factor de potência a 3/4 de carga: 0.62
	Cos phi - factor de potência a 1/2 de carga: 0.5
	Velocidade nominal: 2860 rpm
	Momento de inércia: 0.0036 kg m <sup>2</sup>
	Eficiência do motor com carga total: 71 %
	Eficiência do motor a 3/4 de carga: 67 %
	Eficiência do motor a 1/2 carga: 60 %
	Número de pólos: 2
	Método de arranque: Directo
	Classe de protecção (IEC 34-5): IP68
	Classe de isolamento (IEC 85): F
	Antideflagrante: ñ
	Comprimento do cabo: 10 m
	Tipo de cabo: LYNIFLEX
	Tipo de tomada do cabo: NO PLUG
	Outros:
	Peso líquido: 42.1 kg
	Dinamarca VVS N°: 391342111
	Suécia RSK n°: 5885828
	Finlândia LVI n°: 4836101
	Noruega NRF n°: 9045799
	País de origem: HU
	N° taxa aduaneira: 84137021

# 96075897 SEG.40.09.2.50B 50 Hz

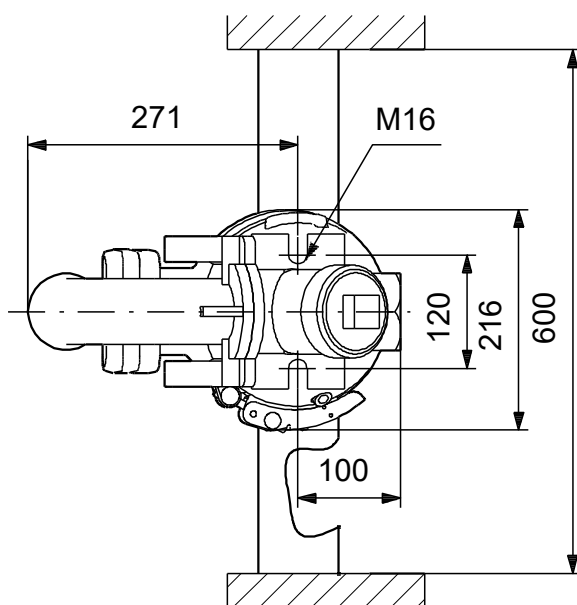
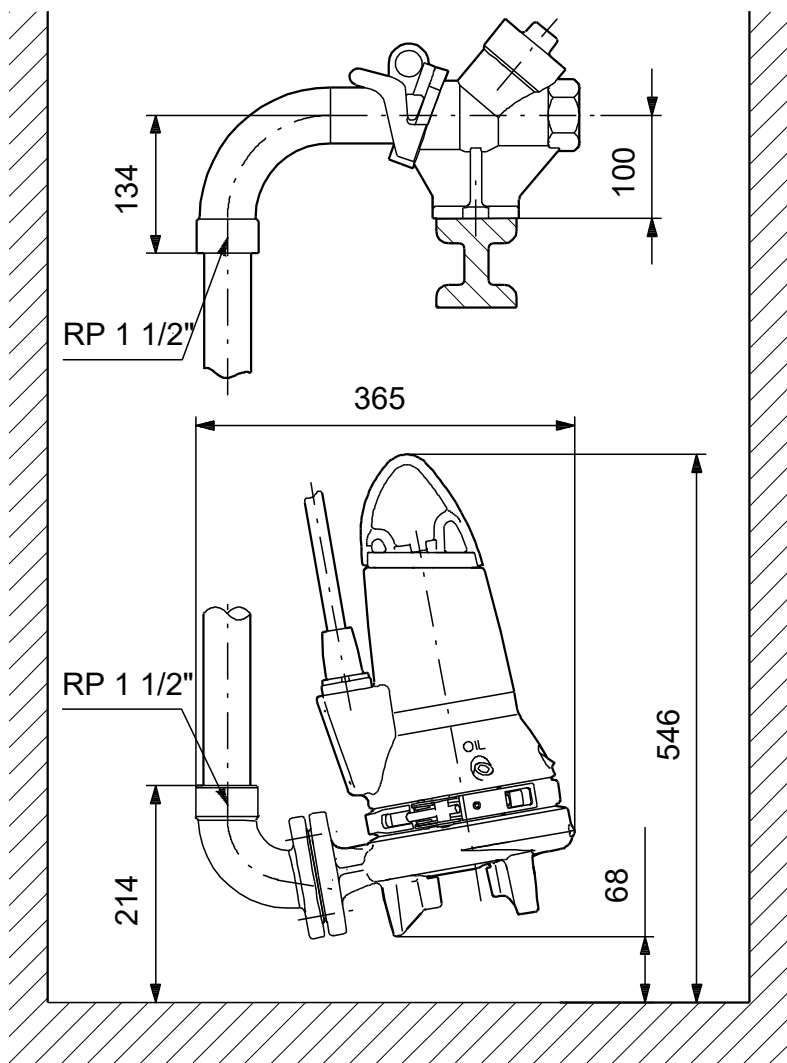


Descrição	Valor
<b>Inf. geral:</b>	
Designação do produto:	SEG.40.09.2.50B
Código::	96075897
Número EAN::	5700394850698
<b>Técnicos:</b>	
Caudal efectivo calculado:	3.24 l/seg
Caudal máximo:	4.44 l/seg
Caudal máximo:	4.44 l/seg
Altura manométrica resultante da bomba:	5.514 m
Altura manométrica máxima:	14.4 m
Tipo de impulsor:	SIST. TRITUR.
Empanque principal:	SIC/SIC
Homologações na chapa de características:	PA-I
Tolerância da curva:	ISO9906:2012 3B2
<b>Materiais:</b>	
Corpo da bomba:	Ferro fundido
Corpo da bomba:	EN1561 EN-GJL-200
Impulsor:	Ferro fundido
Impulsor:	EN1561 EN-GJL-200
<b>Instalação:</b>	
Temperatura ambiente máxima:	40 °C
Pressão máx. de funcionamento:	6 bar
Flange padrão:	DIN
Ligação à tubagem:	DN 40/50
Descarga da bomba:	DN 40
Estágio da pressão:	PN 10
Profundidade máxima da instalação:	10 m
Instalação a seco/submersa:	SUBMERGED
Acoplamento automático:	96076063
<b>Líquido:</b>	
Líquido bombeado:	Todos os líquidos Newtonianos
Gama de temperatura do líquido:	0 .. 40 °C
Densidade:	998.2 kg/m <sup>3</sup>
<b>Car. eléctricas:</b>	
Potência absorvida - P1:	1.3 kW
Potência nominal - P2:	0.9 kW
Frequência da rede:	50 Hz
Tensão nominal:	3 x 400-415 V
Tolerância tensão:	+6/-10 %
N.º máximo de arranques por hora:	30
Corrente nominal:	3 A
Corrente de arranque:	21 A
Corrente nominal sem carga:	2.1 A
Cos phi - factor de potência:	0.72
Cos phi - factor de potência a 3/4 de carga:	0.62
Cos phi - factor de potência a 1/2 de carga:	0.5
Velocidade nominal:	2860 rpm
Momento de inércia:	0.0036 kg m <sup>2</sup>
Eficiência do motor com carga total:	71 %
Eficiência do motor a 3/4 de carga:	67 %
Eficiência do motor a 1/2 carga:	60 %
Número de pólos:	2
Método de arranque:	Directo
Classe de protecção (IEC 34-5):	IP68
Classe de isolamento (IEC 85):	F
Antideflagrante:	ñ
Protecção do motor incorporada:	INTERRUPTOR TÉRMICO
Protecção térmica:	externo
Comprimento do cabo:	10 m



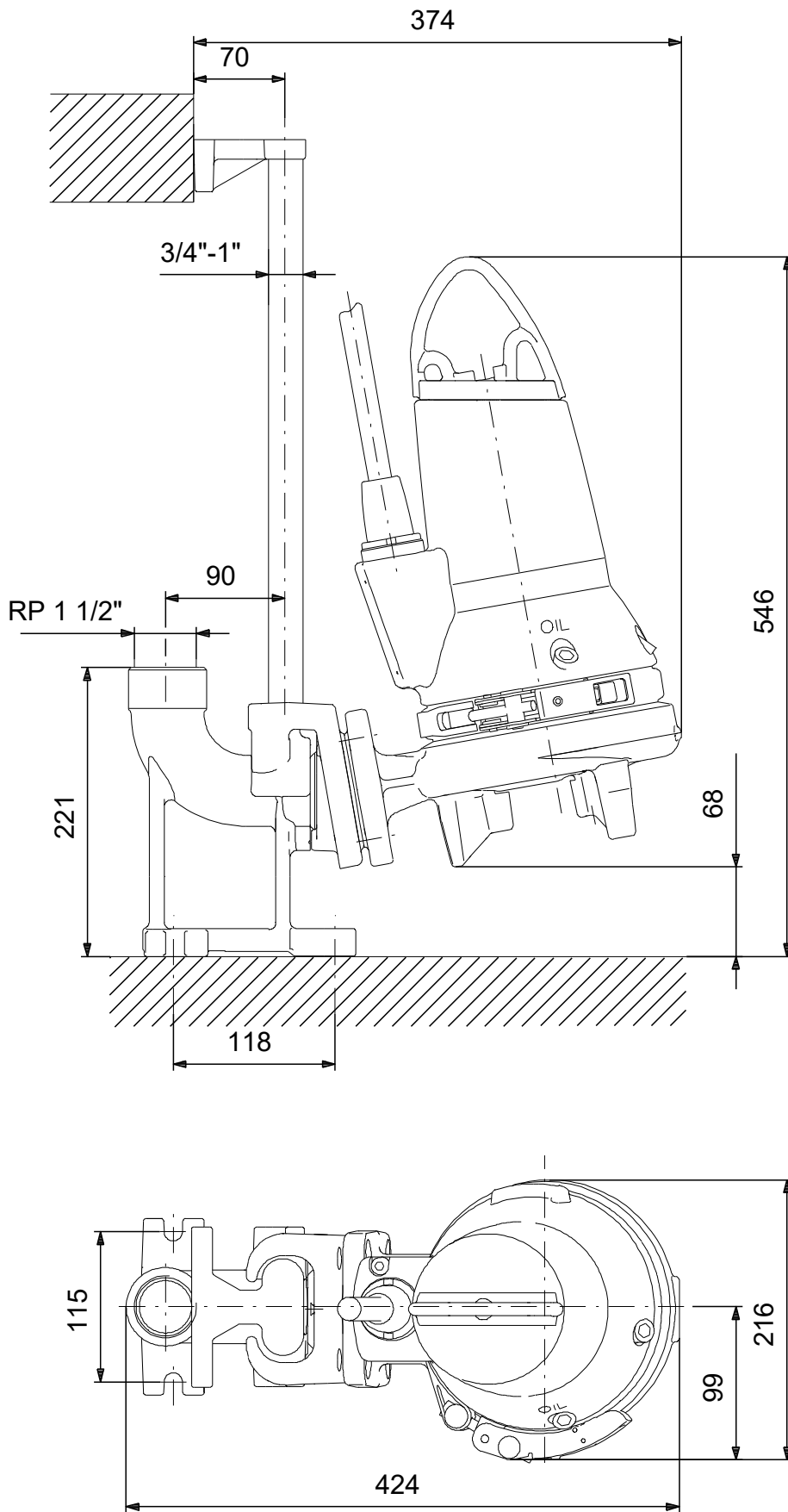
<b>Descrição</b>	<b>Valor</b>
Tipo de cabo:	LYNIFLEX
Tipo de tomada do cabo:	NO PLUG
<b>Controlos:</b>	
Caixa de terminais:	não incluído
Controlador adicional I/O:	External
Sensor de humidade:	sem sensores de humidade
AUTOADAPT:	NO
<b>Outros:</b>	
Peso líquido:	42.1 kg
Dinamarca VVS Nº:	391342111
Suécia RSK nº:	5885828
Finlândia LVI nº:	4836101
Noruega NRF nº:	9045799
País de origem:	HU
Nº taxa aduaneira:	84137021

# 96075897 SEG.40.09.2.50B 50 Hz



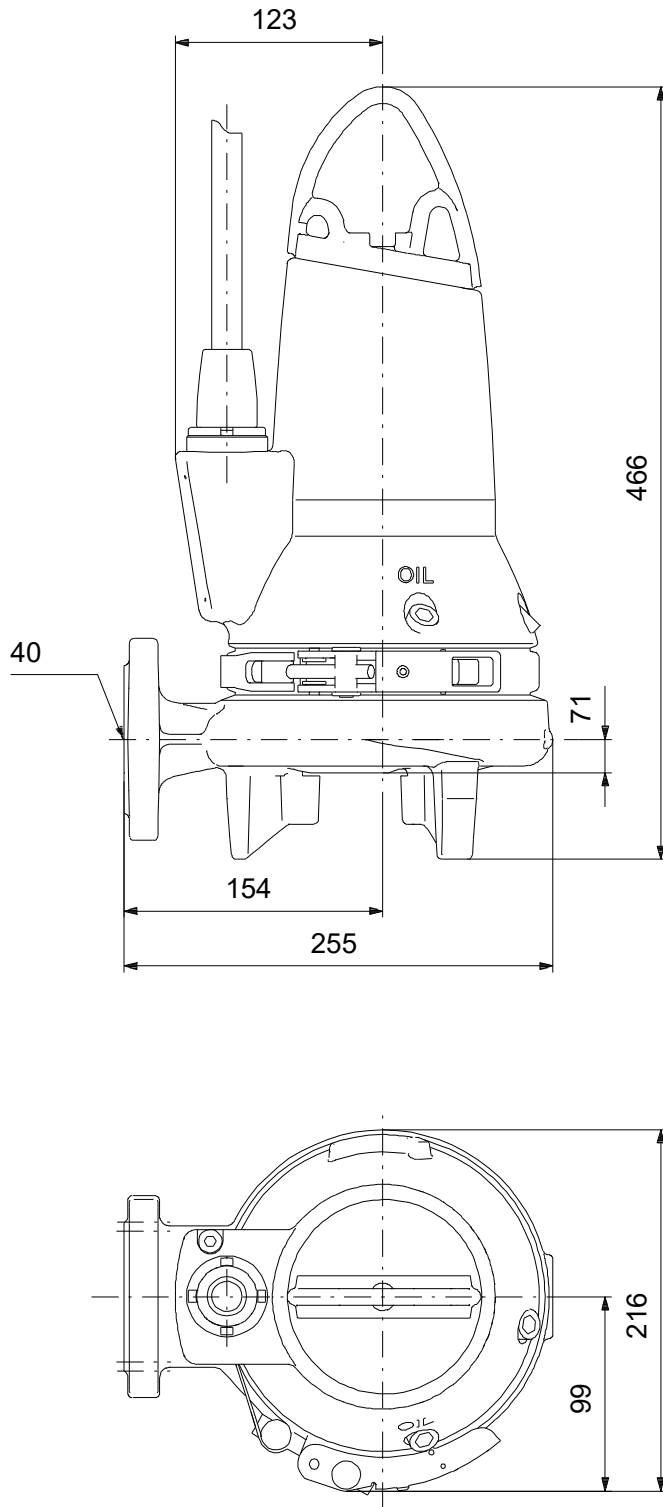
Nota! Todas as unidades estão em [mm], salvo indicação contrária.  
Exclusão de responsabilidade: este desenho dimensional simplificado não apresenta todos os detalhes.

# 96075897 SEG.40.09.2.50B 50 Hz



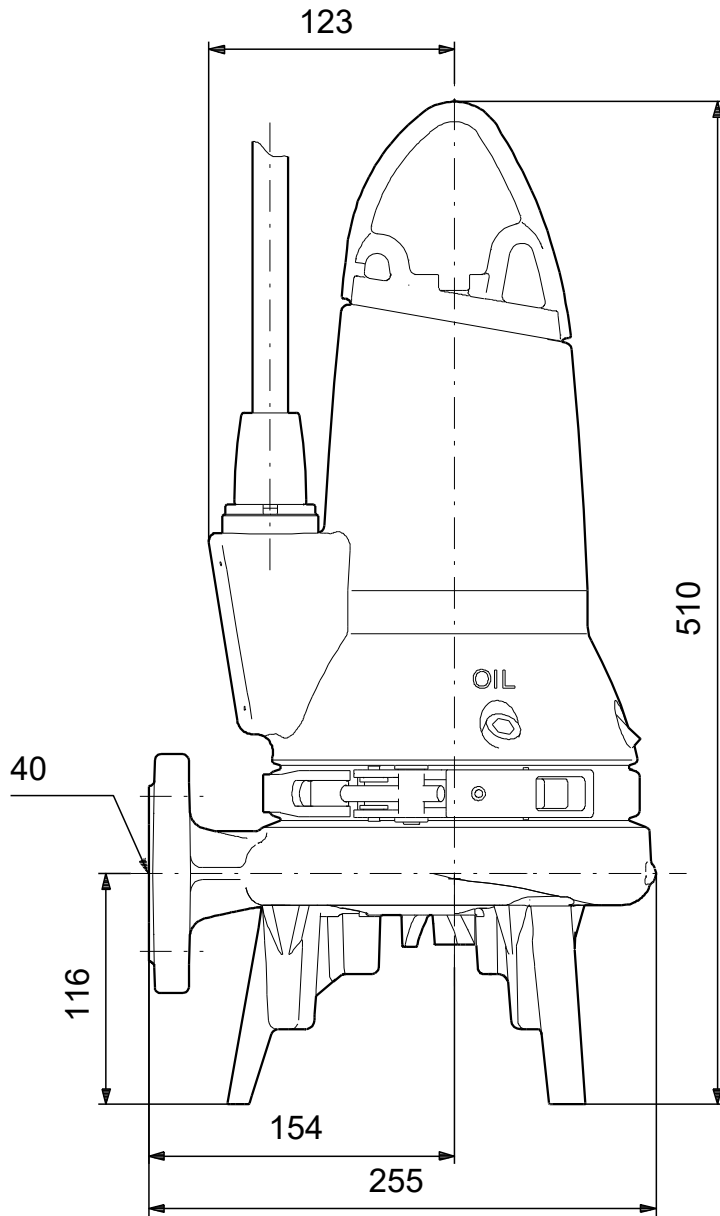
Nota! Todas as unidades estão em [mm], salvo indicação contrária.  
Exclusão de responsabilidade: este desenho dimensional simplificado não apresenta todos os detalhes.

# 96075897 SEG.40.09.2.50B 50 Hz



Nota! Todas as unidades estão em [mm], salvo indicação contrária.  
Exclusão de responsabilidade: este desenho dimensional simplificado não apresenta todos os detalhes.

# 96075897 SEG.40.09.2.50B 50 Hz

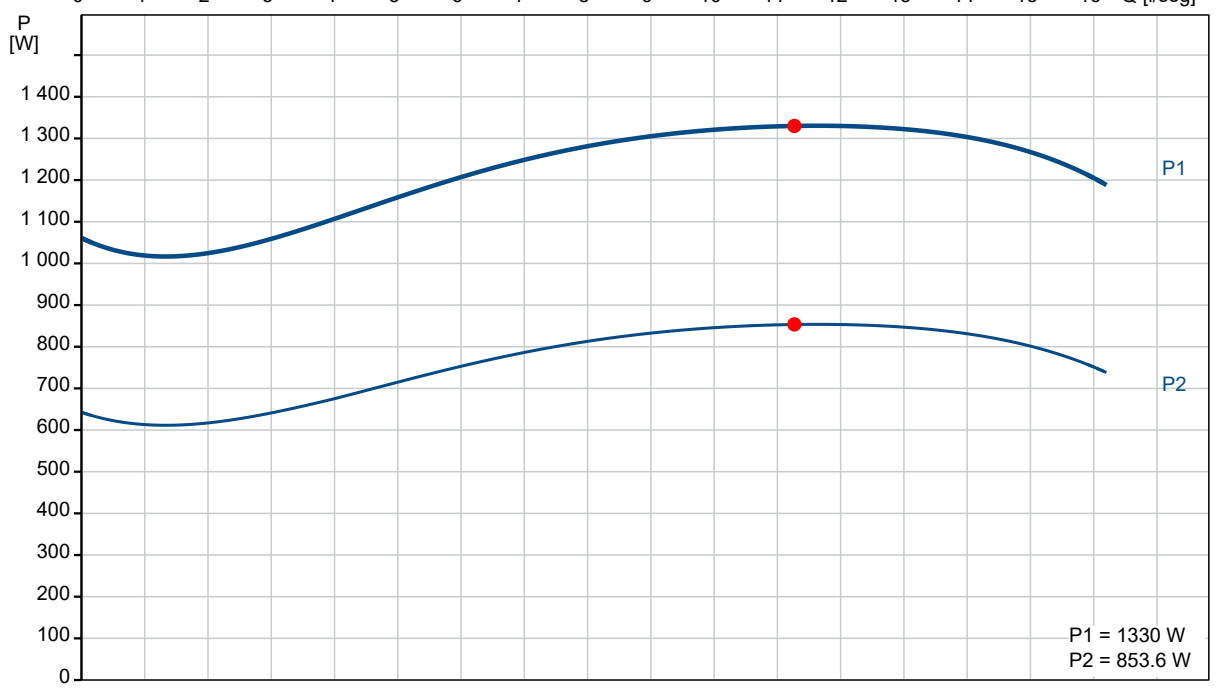
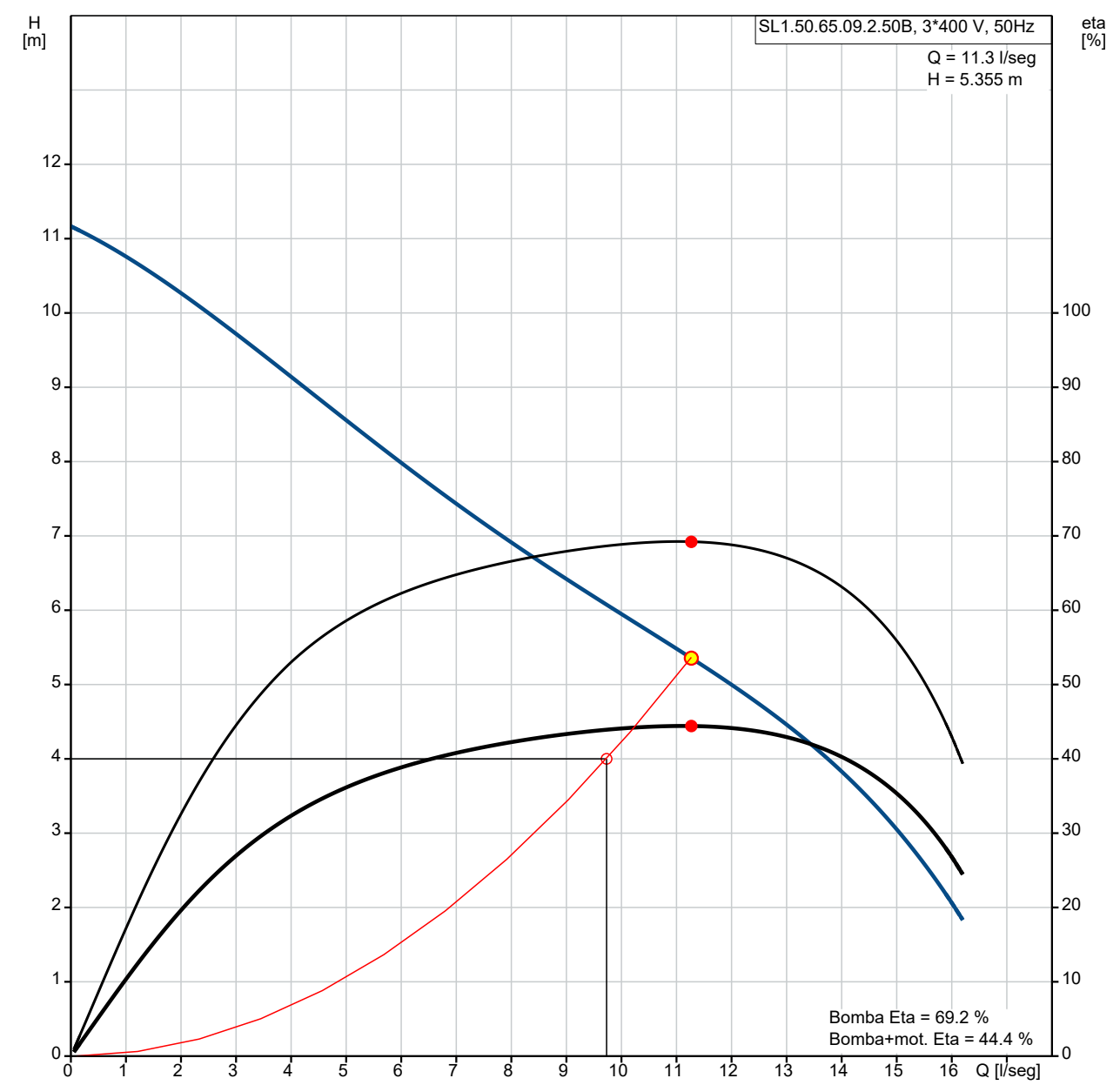


Nota! Todas as unidades estão em [mm], salvo indicação contrária.  
Exclusão de responsabilidade: este desenho dimensional simplificado não apresenta todos os detalhes.

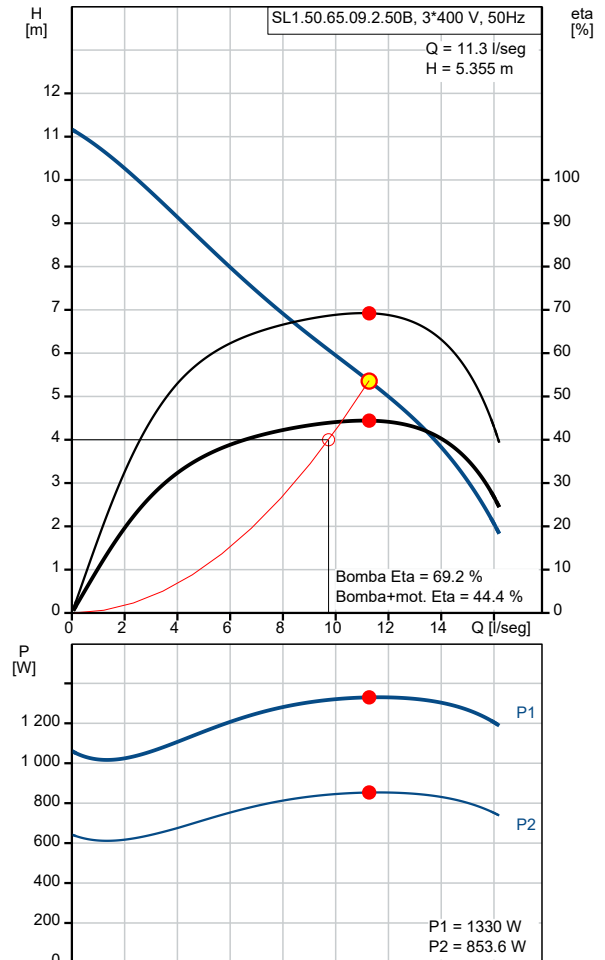
Quantid.	Descrição																																														
1	<p data-bbox="252 163 475 194"><b>SL1.50.65.09.2.50B</b></p> <div data-bbox="284 215 592 703">  </div> <p data-bbox="644 703 1102 728">Nota! Imagem do produto pode diferir do prod. real</p> <p data-bbox="252 734 464 763">Código: <a href="#">96106566</a></p> <p data-bbox="252 792 1433 846">Bomba centrífuga monocelular não auto-ferrante concebida para o manuseamento de águas residuais, águas de processo e águas de esgotos brutos não filtrados.</p> <p data-bbox="252 853 1458 996">A bomba foi concebida para funcionamento intermitente e contínuo em instalações submersas. O revolucionário impulsor S-tube® proporciona uma passagem esférica livre de sólidos até 50 mm e é adequado para águas residuais com teor de matéria seca de até 3%. Um sistema de montagem exclusivo com uma braçadeira em aço inoxidável permite desmontar a bomba de forma rápida e fácil, para proceder à realização de manutenção e inspeção. Não são necessárias ferramentas especiais. A ligação da tubagem é realizada através uma flange DIN.</p> <p data-bbox="252 1048 368 1077">Controlos:</p> <table data-bbox="252 1077 927 1167"> <tr> <td>Sensor de humidade:</td> <td>sem sensores de humidade</td> </tr> <tr> <td>Sensor de água no óleo:</td> <td>sem sensor de água no óleo</td> </tr> <tr> <td>AUTOADAPT:</td> <td>NO</td> </tr> </table> <p data-bbox="252 1200 344 1229">Líquido:</p> <table data-bbox="252 1229 959 1319"> <tr> <td>Líquido bombeado:</td> <td>Todos os líquidos Newtonianos</td> </tr> <tr> <td>Temperatura máxima do líquido:</td> <td>40 °C</td> </tr> <tr> <td>Densidade:</td> <td>998.2 kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </table> <p data-bbox="252 1350 360 1379">Técnicos:</p> <table data-bbox="252 1379 890 1581"> <tr> <td>Caudal efectivo calculado:</td> <td>11.3 l/seg</td> </tr> <tr> <td>Altura manométrica resultante da bomba:</td> <td>5.355 m</td> </tr> <tr> <td>Tipo de impulsor:</td> <td>MONOCANAL</td> </tr> <tr> <td>Dimensão máxima das partículas:</td> <td>50 mm</td> </tr> <tr> <td>Empanque principal:</td> <td>SIC/SIC</td> </tr> <tr> <td>Homologações na chapa de características:</td> <td>EN 12050-2</td> </tr> <tr> <td>Tolerância da curva:</td> <td>ISO9906:2012 3B2</td> </tr> </table> <p data-bbox="252 1615 360 1644">Materiais:</p> <table data-bbox="252 1644 778 1794"> <tr> <td>Corpo da bomba:</td> <td>Ferro fundido EN-GJL-250</td> </tr> <tr> <td>Impulsor:</td> <td>Cast iron EN-GJS-500-7</td> </tr> <tr> <td>Motor:</td> <td>EN-GJL-200</td> </tr> </table> <p data-bbox="252 1825 373 1854">Instalação:</p> <table data-bbox="252 1854 735 2063"> <tr> <td>Temperatura ambiente máxima:</td> <td>40 °C</td> </tr> <tr> <td>Flange padrão:</td> <td>DIN</td> </tr> <tr> <td>Entrada da bomba:</td> <td>65</td> </tr> <tr> <td>Descarga da bomba:</td> <td>65</td> </tr> <tr> <td>Estágio da pressão:</td> <td>PN 10</td> </tr> <tr> <td>Profundidade máxima da instalação:</td> <td>10 m</td> </tr> <tr> <td>Acoplamento automático:</td> <td>96090992</td> </tr> </table>	Sensor de humidade:	sem sensores de humidade	Sensor de água no óleo:	sem sensor de água no óleo	AUTOADAPT:	NO	Líquido bombeado:	Todos os líquidos Newtonianos	Temperatura máxima do líquido:	40 °C	Densidade:	998.2 kg/m <sup>3</sup>	Caudal efectivo calculado:	11.3 l/seg	Altura manométrica resultante da bomba:	5.355 m	Tipo de impulsor:	MONOCANAL	Dimensão máxima das partículas:	50 mm	Empanque principal:	SIC/SIC	Homologações na chapa de características:	EN 12050-2	Tolerância da curva:	ISO9906:2012 3B2	Corpo da bomba:	Ferro fundido EN-GJL-250	Impulsor:	Cast iron EN-GJS-500-7	Motor:	EN-GJL-200	Temperatura ambiente máxima:	40 °C	Flange padrão:	DIN	Entrada da bomba:	65	Descarga da bomba:	65	Estágio da pressão:	PN 10	Profundidade máxima da instalação:	10 m	Acoplamento automático:	96090992
Sensor de humidade:	sem sensores de humidade																																														
Sensor de água no óleo:	sem sensor de água no óleo																																														
AUTOADAPT:	NO																																														
Líquido bombeado:	Todos os líquidos Newtonianos																																														
Temperatura máxima do líquido:	40 °C																																														
Densidade:	998.2 kg/m <sup>3</sup>																																														
Caudal efectivo calculado:	11.3 l/seg																																														
Altura manométrica resultante da bomba:	5.355 m																																														
Tipo de impulsor:	MONOCANAL																																														
Dimensão máxima das partículas:	50 mm																																														
Empanque principal:	SIC/SIC																																														
Homologações na chapa de características:	EN 12050-2																																														
Tolerância da curva:	ISO9906:2012 3B2																																														
Corpo da bomba:	Ferro fundido EN-GJL-250																																														
Impulsor:	Cast iron EN-GJS-500-7																																														
Motor:	EN-GJL-200																																														
Temperatura ambiente máxima:	40 °C																																														
Flange padrão:	DIN																																														
Entrada da bomba:	65																																														
Descarga da bomba:	65																																														
Estágio da pressão:	PN 10																																														
Profundidade máxima da instalação:	10 m																																														
Acoplamento automático:	96090992																																														

Quantid.	Descrição
	<p>Car. eléctricas:</p> <p>Potência absorvida - P1: 1.4 kW</p> <p>Potência nominal - P2: 0.9 kW</p> <p>Frequência da rede: 50 Hz</p> <p>Tensão nominal: 3 x 400-415 V</p> <p>Tolerância tensão: +6/-10 %</p> <p>N.º máximo de arranques por hora: 30</p> <p>Corrente nominal: 2.8 A</p> <p>Corrente nominal a 3/4 de carga: 2.5 A</p> <p>Corrente nominal a 1/2 carga: 2.1 A</p> <p>Corrente de arranque: 21 A</p> <p>Corrente nominal sem carga: 1.9 A</p> <p>Cos phi - factor de potência: 0.76</p> <p>Cos phi - factor de potência a 3/4 de carga: 0.68</p> <p>Cos phi - factor de potência a 1/2 de carga: 0.58</p> <p>Velocidade nominal: 2920 rpm</p> <p>Eficiência do motor com carga total: 65 %</p> <p>Eficiência do motor a 3/4 de carga: 61 %</p> <p>Eficiência do motor a 1/2 carga: 58 %</p> <p>Método de arranque: Directo</p> <p>Classe de protecção (IEC 34-5): IP68</p> <p>Classe de isolamento (IEC 85): F</p> <p>Antideflagrante: ñ</p> <p>Comprimento do cabo: 10 m</p> <p>Tipo de cabo: H07RN-F</p> <p>Outros:</p> <p>Peso líquido: 53.3 kg</p> <p>Dinamarca VVS Nº: 391295113</p> <p>País de origem: HU</p> <p>Nº taxa aduaneira: 84137021</p>

# 96106566 SL1.50.65.09.2.50B 50 Hz

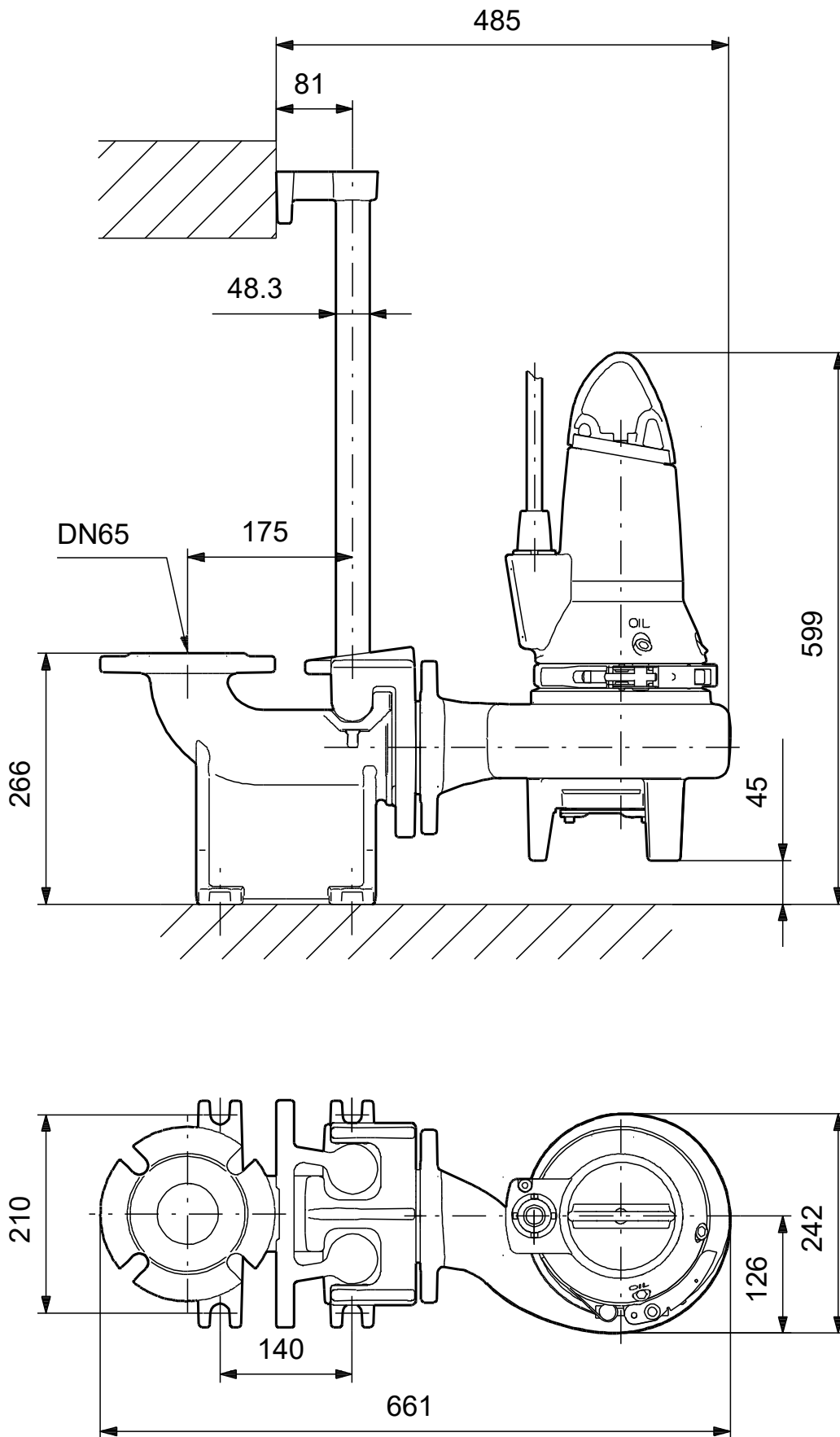


Descrição	Valor
<b>Inf. geral:</b>	
Designação do produto:	SL 1.50.65.09.2.50B
Código::	96106566
Número EAN::	5700396854489
<b>Técnicos:</b>	
Caudal efectivo calculado:	11.3 l/seg
Caudal máximo:	16.1 l/seg
Caudal máximo:	16.1 l/seg
Altura manométrica resultante da bomba:	5.355 m
Altura manométrica máxima:	11.6 m
Tipo de impulsor:	MONOCANAL
Dimensão máxima das partículas:	50 mm
Empanque principal:	SIC/SIC
Homologações na chapa de características:	EN 12050-2
Tolerância da curva:	ISO9906:2012 3B2
Camisa de arrefecimento:	sem camisa de arrefec.
<b>Materiais:</b>	
Corpo da bomba:	Ferro fundido
Corpo da bomba:	EN-GJL-250
Impulsor:	Cast iron
Impulsor:	EN-GJS-500-7
Motor:	EN-GJL-200
<b>Instalação:</b>	
Temperatura ambiente máxima:	40 °C
Flange padrão:	DIN
Entrada da bomba:	65
Descarga da bomba:	65
Estágio da pressão:	PN 10
Profundidade máxima da instalação:	10 m
Instalação a seco/submersa:	SUBMERGED
Instalação:	Vertical
Acoplamento automático:	96090992
<b>Líquido:</b>	
Líquido bombeado:	Todos os líquidos Newtonianos
Temperatura máxima do líquido:	40 °C
Densidade:	998.2 kg/m <sup>3</sup>
<b>Car. eléctricas:</b>	
Potência absorvida - P1:	1.4 kW
Potência nominal - P2:	0.9 kW
Frequência da rede:	50 Hz
Tensão nominal:	3 x 400-415 V
Tolerância tensão:	+6/-10 %
N.º máximo de arranques por hora:	30
Corrente nominal:	2.8 A
Corrente nominal a 3/4 de carga:	2.5 A
Corrente nominal a 1/2 carga:	2.1 A
Corrente de arranque:	21 A
Corrente nominal sem carga:	1.9 A
Cos phi - factor de potência:	0.76
Cos phi - factor de potência a 3/4 de carga:	0.68
Cos phi - factor de potência a 1/2 de carga:	0.58
Velocidade nominal:	2920 rpm
Eficiência do motor com carga total:	65 %
Eficiência do motor a 3/4 de carga:	61 %
Eficiência do motor a 1/2 carga:	58 %
Método de arranque:	Directo
Classe de protecção (IEC 34-5):	IP68
Classe de isolamento (IEC 85):	F
Antideflagrante:	ñ



<b>Descrição</b>	<b>Valor</b>
Protecção do motor incorporada:	INTERRUPTOR TÉRMICO
Comprimento do cabo:	10 m
Tipo de cabo:	H07RN-F
<b>Controlos:</b>	
Caixa de terminais:	não incluído
Sensor de humidade:	sem sensores de humidade
Sensor de água no óleo:	sem sensor de água no óleo
AUTOADAPT:	NO
<b>Outros:</b>	
Peso líquido:	53.3 kg
Dinamarca VVS Nº:	391295113
País de origem:	HU
Nº taxa aduaneira:	84137021

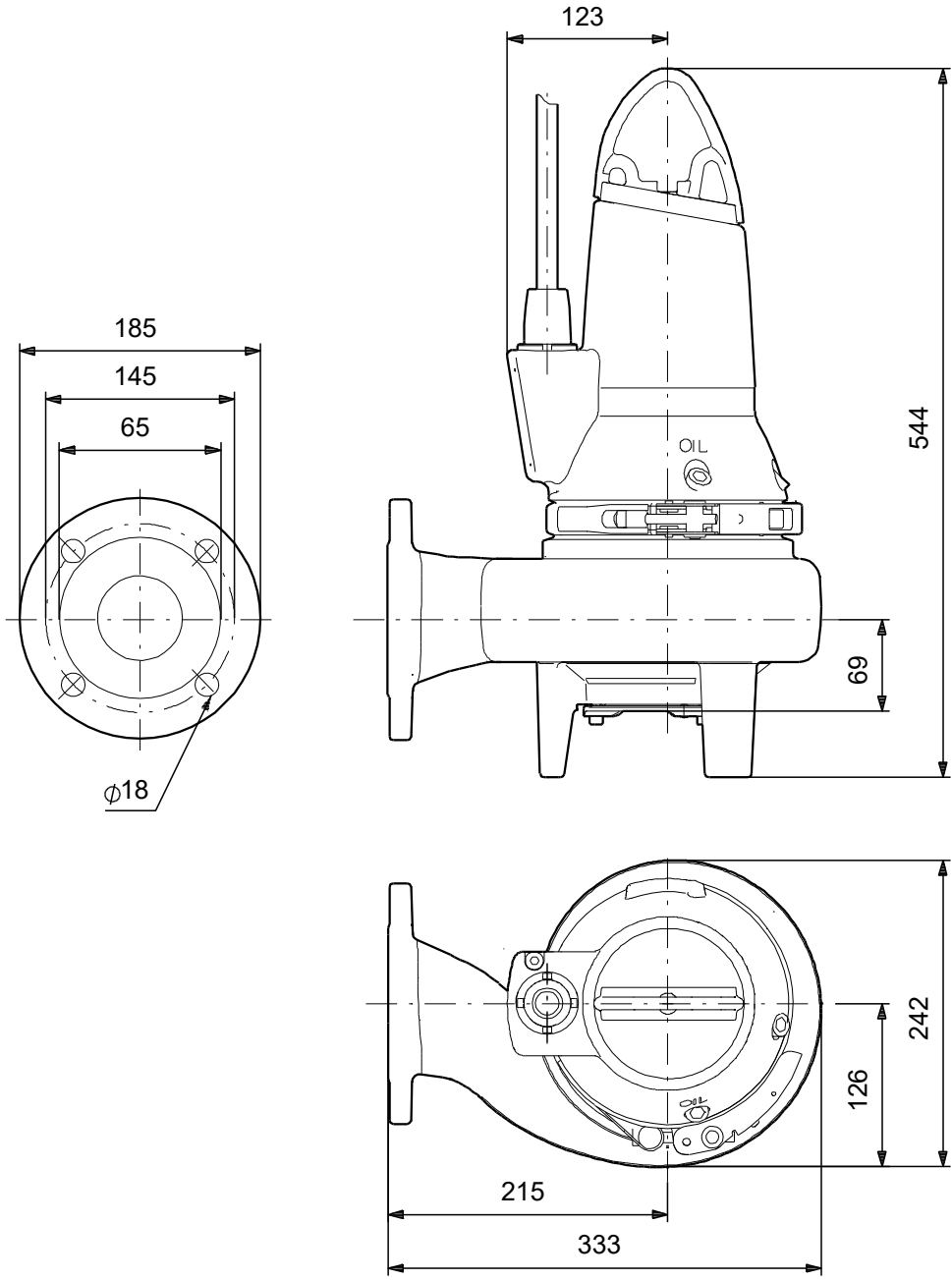
# 96106566 SL1.50.65.09.2.50B 50 Hz



Nota! Todas as unidades estão em [mm], salvo indicação contrária.

Exclusão de responsabilidade: este desenho dimensional simplificado não apresenta todos os detalhes.

# 96106566 SL1.50.65.09.2.50B 50 Hz



Nota! Todas as unidades estão em [mm], salvo indicação contrária.  
Exclusão de responsabilidade: este desenho dimensional simplificado não apresenta todos os detalhes.

# **Anexo G – Especificações técnicas dos aparelhos sanitários empregados para NBR 5626**

**ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA**

BITOLA	1/2" - DN 15
CLASSE DE PRESSÃO	De 2 a 40 m.c.a
CONTEÚDO DA EMBALAGEM	1 Cabeça de Chuveiro, 1 Braço de Chuveiro, 1 Canopla, 1 Parafuso, 1 Restritor, 1 Chave Sextavada, 1 Manual de Instalação e 1 Anel Retangular.
TEMPERATURA MÁXIMA	70°C

**Figura F.1. Especificações técnicas chuveiro DOCOLHEAVEN Q200.**